This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

6642619 2

MANUEL PRATIQUE

DES

MOTEURS A GAZ

ET

GAZOGÈNES

MANUEL PRATIQUE

DES

MOTEURS A GAZ

ET

GAZOGÈNES

Guide de l'Industriel, de l'Ingénieur et du Constructeur pour le Choix, l'Installation, la Conduite et l'Entretien des Moteurs et Gazogènes

PAR

R.-E. MATHOT

Ingénieur-Conseil
Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France,
de l' « Institution of Mechanical Engineers » d'Angleterre, de l'Association
des Ingénieurs de l'Ecole des Mines du Hainaut à Bruxelles,

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

Successeur de BAUDRY et Cie

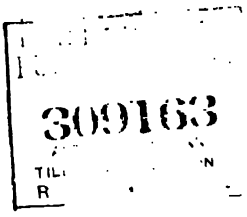
15, RUE DES SAINTS PÈRES, 15

MÊME MAISON A LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

—

1904

Tous droits réservés


3091633

PRÉFACE

Le moteur à gaz est né à la vie industrielle en 1860 : c'était le bon moment !

Les mécaniciens, qui construisaient depuis 80 ans des machines à vapeur, avaient perfectionné leur art et développé leurs moyens d'action : ils savaient maintenant, mieux qu'au temps de Watt, aléser géométriquement un cylindre, tourner un piston et le garnir de segments étanches, dresser la glace d'un tiroir et assembler des articulations d'une mobilité parfaite ; les ingénieurs disposaient de nombreux systèmes de transformation de mouvements et la dynamique aussi bien que la cinématique des moteurs était solidement établie sur des bases scientifiques ; sous la puissante et féconde impulsion de Hirn, la thermodynamique avait esquissé une théorie générique et expérimentale des machines thermiques, dont il n'y avait qu'à déduire les conclusions et qui, si elle présentait encore des lacunes, avait tout au moins gardé le mérite rare de ne pas écraser les idées sous le poids de lourdes formules.

Le moteur à gaz arrivait donc à son heure.

Aussi son développement fut-il rapide : encore dans les langes avec Lenoir, c'était déjà un bel adolescent avec Beau de Rochas et Otto, en [illegible] il était à la fleur de l'âge, en 1889, alors que [illegible] réalisait son moteur mono-[illegible] il se

trouve aujourd'hui dans toute sa force, maintenant que des gazogènes et des hauts fourneaux alimentent des machines à double effet de 1000 et de 1500 chevaux et que ces puissantes machines actionnent des alternateurs, des métiers à filer ou des trains de laminoirs, avec un égal succès.

Le petit moteur à gaz de ville d'autrefois est devenu le rival de la machine à vapeur ; il a emporté de haute lutte la permission de vivre à côté d'elle.

Des ingénieurs prédisent que le gaz évincera la vapeur du champ industriel ; c'est une illusion, car les deux concurrents possèdent des avantages spéciaux et particuliers dans leur espèce et ils trouveront toujours des clients, l'un et l'autre.

Le moteur à gaz possède le rendement très supérieur que la théorie lui a assigné depuis longtemps et que je constatais encore pratiquement ces derniers jours dans des essais que je faisais en collaboration avec M. Mathot, à Deutz, sur un moteur Otto de 200 chevaux, à double effet, qui ne consommait que 326 grammes de charbon par cheval-heure effectif : l'installation de cette belle machine et de son gazogène à aspiration est moins encombrante que celle d'une machine à vapeur, de sa chaudière et de sa cheminée, et elle n'est certainement pas plus coûteuse ; par contre, il serait peut-être audacieux de prétendre que le groupe au gaz possède la même sécurité de fonctionnement et la même facilité de conduite que le groupe à la vapeur.

Il faut pour cela une installation parfaite et une certaine manière de conduire les appareils : cela s'apprend assez facilement, mais tout le monde ne sait pas le faire.

M. Mathot est un maître dans cet art : mais il n'est pas jaloux de son savoir, et il consent à en faire part, et à former des élèves.

C'est l'objet de ce petit livre.

Je suis assuré que tous ceux qui emploient des moteurs à gaz feront bon accueil à ce manuel pratique que je suis heureux de présenter au public, et que je lui recommande sans crainte.

Aimé WITZ.

INTRODUCTION

L'extension qu'a prise depuis une dizaine d'années l'emploi des moteurs à gaz a amené la création d'une grande variété de types dont la conduite et l'entretien nécessitent des connaissances pratiques spéciales que n'exigent pas les autres moteurs, tels que les machines à vapeur.

Les moteurs à explosion, à gaz d'éclairage ou à gaz pauvre, à pétrole, à benzine, à alcool, etc. demandent en effet bien plus de soins dans leur conduite et leur réglage que les machines à vapeur.

Celles-ci sont soumises régulièrement à des pressions relativement peu élevées et les températures existant dans le cylindre sont modérées.

Les moteurs à explosion, au contraire, sont irrégulièrement soumis à de fortes et à de basses pressions et la température des gaz au moment de l'explosion est très élevée.

En conséquence on doit avoir recours à des procédés artificiels de refroidissement du cylindre et la façon dont ce refroidissement s'opère a une influence très importante sur le bon fonctionnement du moteur.

S'il est trop énergique, la consommation augmente considérablement, s'il est [illegible] nes de la machine se détériorent rapidement.

Pour réduire à un minimum la consommation de gaz, point particulièrement important lorsqu'un moteur est alimenté de gaz de ville, la compression du mélange tonnant avant son allumage est nécessaire. Cette compression ne peut être obtenue et maintenue que si tous les organes sont d'une étanchéité absolue et la moindre fuite aux soupapes ou aux cercles du piston entraîne une augmentation sensible de la consommation.

L'explosion du mélange tonnant doit se produire au moment précis où le piston se met en marche vers l'avant du moteur ; tout allumage anticipé ou retardé a pour conséquence de diminuer fortement l'effet utile de l'expansion des gaz. Or, tous les systèmes d'allumage sont composés d'éléments délicats, leur entretien ne peut être par suite trop parfait.

Il résulte de l'exposé qui précède que les causes de perturbation sont beaucoup plus nombreuses dans un moteur à gaz que dans une machine à vapeur et que le défaut d'entretien entraine, pour le premier, une augmentation de la consommation plus importante que pour la seconde et un déchet dans la force qui ne se manifeste guère dans les machines à vapeur quelle que soit l'étanchéité des organes.

Nous chercherons à indiquer dans ce manuel quelles sont les précautions les plus élémentaires à prendre pour maintenir un moteur dans des conditions de marche normale et pour porter remède aux accidents qui peuvent se produire, et nous envisagerons surtout les moteurs utilisés dans la petite industrie, c'est-à-dire ceux dont la puissance est inférieure à 200 chevaux, nous réservant de traiter dans un autre ouvrage la question des moteurs plus puissants.

Avant d'aborder les différentes considérations relatives au choix, à l'installation et au fonctionnement d'un mo-

teur à gaz, il est intéressant d'examiner le coût relatif de la force motrice suivant le mode de production adopté.

Nous ne nous arrêterons pas aux raisons d'ordre spécial qui peuvent militer suivant les cas, en faveur de tel ou tel mode de production de force motrice ; nous nous bornerons simplement à prendre en considération le prix de revient de chacun d'eux par cheval-heure effectif produit, de façon à établir quel est le moins coûteux dans les cas usuels.

MANUEL PRATIQUE

DES

MOTEURS A GAZ ET GAZOGÈNES

CHAPITRE PREMIER

—

FORCE MOTRICE
FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT
EXPLOITATION

La simplicité de l'installation d'un moteur à gaz par rapport à une machine à vapeur est évidente.

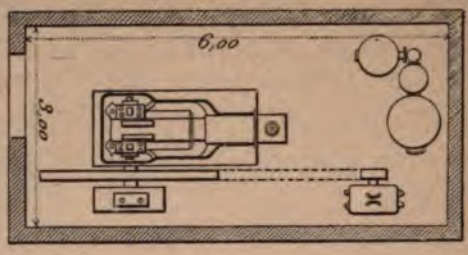
Dans les localités où il existe une distribution de gaz d'éclairage, les petites forces motrices, c'est-à-dire celles inférieures à 10 ou 15 chevaux, impliquent généralement l'emploi du gaz de ville (1).

Leur installation se borne au raccordement de la tuyauterie à la canalisation de gaz et au placement du moteur sur une fondation du reste très minime.

Tandis qu'à force égale une machine à vapeur économique conduit nécessairement à l'installation d'une chaudière avec ses maçonneries, à la construction d'une cheminée et, en ce qui concerne la machine même, à des fondations importantes, on peut

(1) Toutefois les progrès réalisés tout récemment dans la construction des gazogènes par aspiration permettent de prévoir leur application prochaine même aux plus petites forces.

dire sans crainte de se tromper, que l'emplacement exigé par une machine à vapeur et sa chaudière est le quintuple de celui



Moteur à gaz et gazogène par aspiration de 30 chevaux.

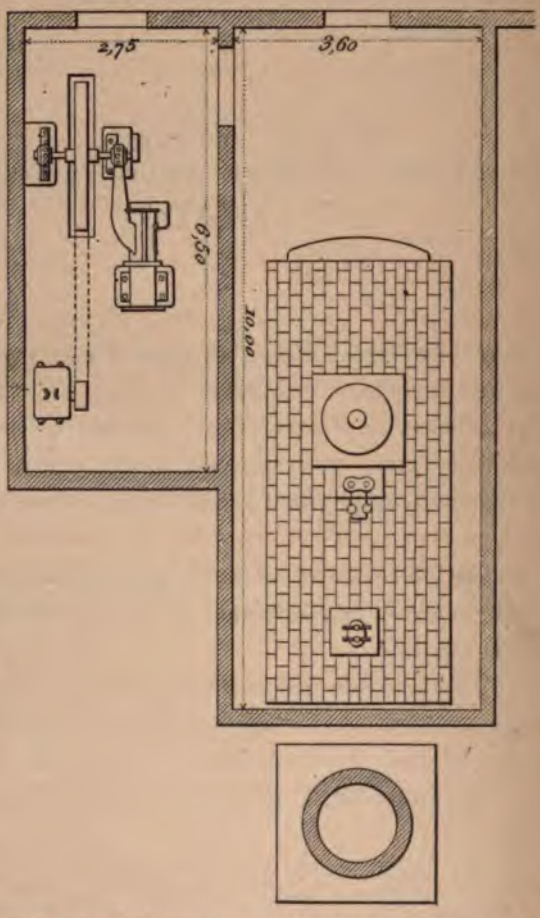


Fig. 1
Machine à vapeur de 30 chevaux. Chaudière et cheminée.

que nécessiterait un moteur à gaz de force égale, ceci même abstraction faite de la nécessité d'emmagasiner le charbon (fig. 1).

Nous n'envisagerons pas ici les petites machines à vapeur montées sur leurs chaudières ou les locomobiles dont la consommation est en général peu économique.

Considérons donc une installation de 15 à 20 chevaux. Le coût de l'installation et de l'exploitation s'établira comme suit : en Belgique par exemple, pays où la concurrence entre les constructeurs de moteurs à gaz et de machines à vapeur a réduit les prix au minimum.

Machine à vapeur. — Prix de la machine, genre Ridder, de 15 à 20 chevaux, à 6 atmosphères et 60 tours.	4 800	francs.
Cube de fondation : 6 mètres cubes à 30 francs.	180	»
Béton, fouilles et déblais.	125	»
Tuyauteries.	550	»
Générateur Cornwall-Galloway de 20 mètres carrés de surface de chauffe à 7 atmosphères	3 700	»
Maçonneries en briques ordinaires et réfractaires : 25 mètres cubes à 35 francs	875	»
Fouilles, déblais, égoûts, trainasses, etc	400	»
Cheminée de H = 20 mètres. Diamètre intérieur = 0m,50. . .	800	»
Puits à profondeur normale	600	»
Prix de l'installation de la machine à vapeur	**12 030**	»

La consommation de vapeur de 15 kilogrammes par cheval-heure indiqué peut être portée, y compris l'eau condensée du générateur au cylindre, à 18 à 20 kilogrammes par cheval-heure effectif. La machine développant moyennement 17 chevaux, la consommation horaire serait environ de 320 kilogrammes.

Le rendement du générateur avec le combustible pour allumage et couverture des feux étant de 7kg,5 de vapeur par kilogramme de houille brut et le coût de la tonne de houille rendue étant de 15 francs, les 17 chevaux effectifs par jour de 10 heures coûteront :

$$\frac{320 \times 15 \times 10}{7.5 \times 1000} = 6{,}40 \qquad 6{,}40 \text{ francs.}$$

Le salaire quotidien du chauffeur machiniste	5,00	»
La consommation d'huile.	0,60	»
[illegible] du capital 4 % et l'amortissement à 6 %, soit 10 % [illegible] francs, soit par jour de travail (1)	4,01	»
[illegible]chine, générateur et fournitures accessoires [illegible] francs, soit par jour de travail . . .	1,20	»
[illegible]s de la machine à vapeur par journée	**17,21**	»

[illegible]t est effectué en 13 ans environ et la [illegible]il de 10 heures chacun.

Moteur à gaz. — Prix du moteur, 17 chevaux, type industriel, avec réservoirs, antifluctuateurs	4 000	francs.
Cube de fondation : 5 mètres cubes à 30 francs	150	»
Fouilles, déblais, etc.	75	»
Tuyauteries et appropriation	200	»
Prix d'installation du moteur à gaz	**4 425**	»

La consommation du moteur de 20 chevaux, en développant moyennement 17 peut être prise égale à 550 litres de gaz. Le coût par 10 heures avec gaz à 0fr10 le M³, sera donc :

$$17 \times 0{,}550 \times 10 \times 0{,}1 = 9{,}35 \qquad 9{,}35 \text{ francs.}$$

La location du compteur	0,10	»
La consommation d'huile.	0,60	»
L'intérêt et l'amortissement à 10 % par an sur 4 425 francs.	1, 7	»
1/4 salaire du machiniste.	1,50	»
Entretien du moteur, fournitures d'accessoires, 2 %	0,29	»
Coût d'exploitation du moteur à gaz	**13,31**	»

L'économie réalisée par l'emploi du moteur est donc manifeste ; elle subsiste pour les installations au-delà de 25 chevaux et devient beaucoup plus importante lorsqu'on substitue au gaz de ville, le *gaz pauvre* qui se produit à très bon marché à l'aide d'installations simples et faciles à conduire.

Si dans cet ordre d'idées nous prenons l'exemple d'une installation de 50 chevaux, la comparaison s'établit ainsi qu'il suit :

Machine à vapeur. — Prix de la machine, genre Ridder, de 50 chevaux effectifs à 6 atmosphères et 60 tours	6 900	francs.
Cube de fondation : 10 mètres cubes à 30 francs.	300	»
Béton, fouilles et déblais.	300	»
Tuyauteries.	800	»
Générateur Cornwall-Galloway de 50 mètres carrés de surface de chauffe à 7 atmosphères	5 700	»
Maçonneries en briques ordinaires et réfractaires : 40 mètres cubes à 35 francs.	1 400	»
Fouilles, déblais, égouts, trainasses, etc.	1 600	»
Cheminée de 25 mètres de hauteur. Diamètre intérieur 0m,65.	1 800	»
Puits à profondeur normale.	600	»
Prix d'installation de la machine à vapeur.	**19 400**	»

La consommation de vapeur de 13 kilogrammes par cheval-heure indiqué peut être portée, y compris l'eau condensée du générateur au cylindre, à 15k,5 par cheval-heure effectif. La ma-

chine développant moyennement 45 chevaux, la consommation horaire serait environ de 700 kilogrammes de vapeur.

Le rendement du générateur, avec le combustible pour allumage et couverture des feux, étant de 8 kilogrammes de vapeur par kilogramme de houille brut et le coût de la tonne de houille rendue étant de 15 francs, les 45 chevaux effectifs par jour de 10 heures coûteront :

$$\frac{700 \times 15 \times 10}{8 \times 1000} = 13{,}10$$

	13,10	francs.
Le salaire quotidien du chauffeur machiniste	5,00	»
La consommation d'huile.	1,20	»
Les intérêts du capital à 4 % et l'amortissement à 6 % soit 10 % par an, sur 19400 francs, soit par jour de travail . . .	6,47	»
L'entretien des machines, générateurs et fournitures accessoires, 3 %	1,94	»
Coût d'exploitation de la machine à vapeur.	**27,71**	»

Moteur à gaz. — Prix du moteur de 50 chevaux, type industriel avec réservoirs, etc	12000	francs.
Cube de fondation : 7 mètres cubes à 30 francs.	210	»
Béton, fouilles et déblais	100	»
Installation d'un gazogène perfectionné par aspiration, générateur à gaz, appareils refroidisseurs et laveurs. Tuyauteries générales.	4000	»
Fondations en maçonneries.	150	»
Prix d'installation du moteur à gaz pauvre.	**16460**	»

La consommation du moteur de 50 chevaux effectifs, n'en développant moyennement que 45, entraînera une consommation d'anthracite au gazogène d'environ $0^{kg},5$ par cheval-heure. Le coût total par 10 heures en charbon anthraciteux valant communément 26 francs la tonne sera :

$$\frac{45 \times 0{,}5 \times 26 \times 10}{1000} = 5{,}85$$

	5,85	francs.
Consommation d'huile	1,20	»
Intérêt et amortissement à 10 % sur 16460 francs, soit par jour de travail.	5,48	»
Entretien du moteur et du gazogène.	[illegible]	»
1/2 salaire du mécanicien.	[illegible]	»
Coût d'exploitation du moteur à gaz pauvre		

Jusqu'à 500 chevaux l'avantage au point [illegible] première installation et d'exploitation re[illegible]

acquis au moteur alimenté de gaz pauvre. Dès qu'on dé
500 chevaux l'emploi des machines Compound à condens
et à vapeur surchauffée permet de réduire sensiblement la
sommation ; l'écart entre les coûts d'exploitation d'une mac
à vapeur et d'un moteur à *gaz pauvre* diminue. Toutefois
l'état actuel des progrès de la construction les installatio
surchauffe de vapeur nécessitent encore beaucoup de dépe
d'entretien et de réfection qui en diminuent les avantages p
ques et rendent leur emploi relativement onéreux.

CHAPITRE II

—

CHOIX D'UN MOTEUR

Les moteurs à explosion comprennent des catégories nombreuses.

Nous envisagerons uniquement les moteurs à gaz appliqués dans l'industrie et nous ne nous occuperons que des moteurs du type à quatre temps qui sont les plus répandus à l'heure actuelle.

Cycle Otto ou à 4 temps. — Nous rappellerons que la dénomination de moteurs à 4 temps, ou moteurs type Otto, prend son origine dans le mode de fonctionnement de la machine. Un cycle complet comprend 4 périodes distinctes ou 4 temps que reproduisent schématiquement les croquis ci-dessous.

Premier temps. *Aspiration.* — Le piston se déplace, en avant, fait le vide dans le cylindre et aspire ainsi simultanément une certaine quantité d'air et de gaz (fig. 2).

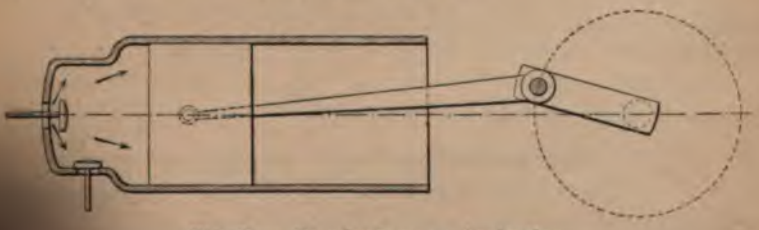


Fig. 2. — Premier temps : Aspiration.

emps. *Compression.* — Le piston retourne en arrière.
d'admission et d'échappement sont fermés (fig.3).
ré pendant le premier temps est *comprimé*.

Troisième temps. *Explosion et détente.* — Lorsque le piston est arrivé à fond de course en arrière, le mélange comprimé est allumé, l'explosion se produit au point mort et l'expansion des gaz pousse en avant le piston en lui donnant l'impulsion motrice (fig. 4).

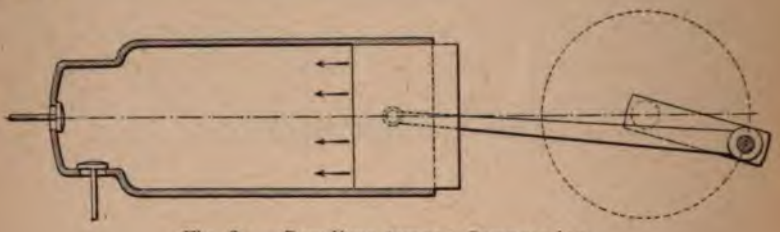


Fig. 3. — Deuxième temps : Compression.

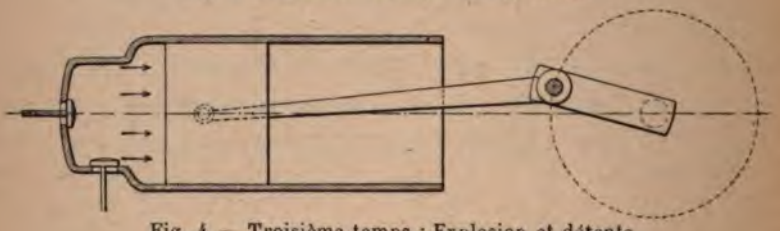


Fig. 4. — Troisième temps : Explosion et détente.

Quatrième temps. *Echappement.* — Le piston revient une seconde fois en arrière. L'orifice d'échappement est ouvert. Les produits de la combustion sont expulsés (fig. 5).

Les différents cycles se succèdent en présentant les mêmes phases dans le même ordre.

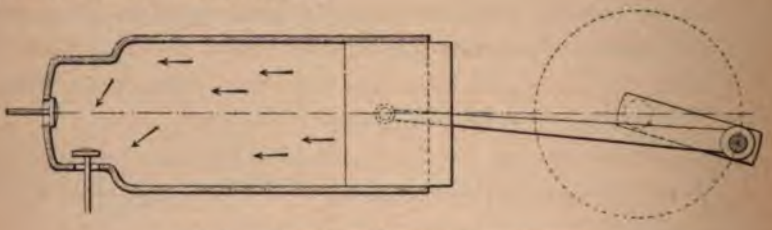


Fig. 5. — Quatrième temps : Echappement.

Distribution par soupapes. — Il est à remarquer que dans les moteurs modernes on a substitué aux anciens tiroirs ou glissières qui dataient de la création du cycle Otto, des soupapes qui se prêtent bien mieux au mode de fonctionnement des moteurs à explosion.

Il faut considérer le *tiroir* comme un organe de distribution suranné avec lequel il serait impossible d'obtenir une consommation réduite.

Les anciens moteurs à gaz fonctionnaient à faible compression et par conséquent à faible puissance explosive du mélange gazeux et à température peu élevée,

Les tiroirs étaient maintenus sur leur siège par la pression de ressorts extérieurs ; ils étaient abondamment lubrifiés. Dans ces conditions leur fonctionnement était régulier.

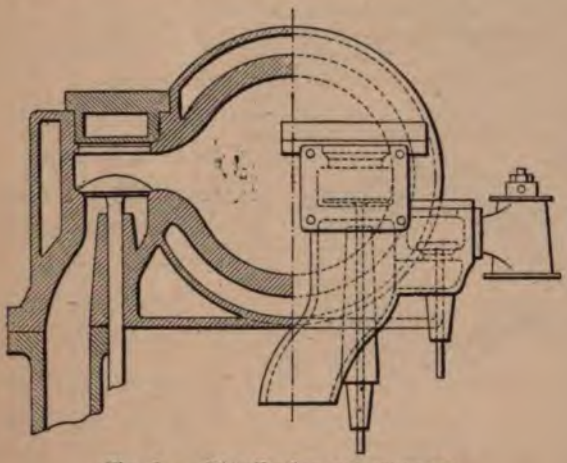


Fig. 6. — Distribution par soupapes.

Aujourd'hui la nécessité de rendre les moteurs à gaz réellement économiques a conduit aux compressions élevées et comme conséquence, aux fortes puissances explosives et aux hautes températures. Dans de telles circonstances les tiroirs fonctionneraient mal, ils manqueraient d'étanchéité, leur graissage serait difficile et inefficace. De plus les gros moteurs se sont répandus dans la pratique et avec ces moteurs la résistance de frottement due à de grands tiroirs se mouvant sur des surfaces étendues deviendrait importante et diminuerait sensiblement le travail utile.

Enfin le tiroir, par son mode de fonctionnement même, présente l'inconvénient grave de laminer les gaz à leur passage et de ne pas permettre une ouverture instantanée des orifices d'entrée du mélange ou de sortie des produits de combustion. Il en résulte des pertes de charge et des contrepressions nuisibles.

La nécessité d'employer des organes d'un fonctionnement simple et à l'abri des inconvénients que nous venons de citer a tout naturellement conduit au choix de la soupape.

On a appliqué celle-ci aussi bien pour l'aspiration du gaz et de l'air que pour l'échappement, ce qui a permis de régler indépendamment l'une de l'autre ces deux phases essentielles du fonctionnement des moteurs.

Les soupapes présentent notamment les avantages suivants :

Leur étanchéité augmente avec la pression puisqu'elles s'ouvrent toujours vers l'intérieur du cylindre (fig. 6).

Elles ne constituent pas des surfaces frottantes et ne doivent donc pas être graissées.

Leur ouverture est commandée par des leviers munis de cames à action brusque et leur fermeture est assurée par des ressorts de rappel dont l'effet est presque instantané (fig. 7).

Fig. 7. — Commande d'une soupape.

Chaque soupape, suivant sa destination, peut être placée dans la partie du cylindre la mieux en rapport avec le rôle qu'elle a à remplir.

Les types de moteurs à soupapes sont très divers. Pour être économiques et fonctionner régulièrement ils doivent remplir certaines conditions essentielles que nous allons passer en revue.

Indépendamment de la bonne proportion des sections et d'un mode de commande rationnel, il est indispensable que les soupapes soient d'un accès facile.

En effet, toutes doivent être régulièrement visitées, nettoyées et rodées ; il faut donc que leur démontage soit aisé et rapide.

Un bon refroidissement de la soupape d'échappement est nécessaire, sinon celle-ci, exposée à de hautes températures, aurait une tendance à se déformer et à occasionner des fuites. La circulation d'eau devra donc entourer le siège de cette soupape et se faire

autant que possible de façon à ce que l'eau la plus froide arrive dans son voisinage. (fig. 8).

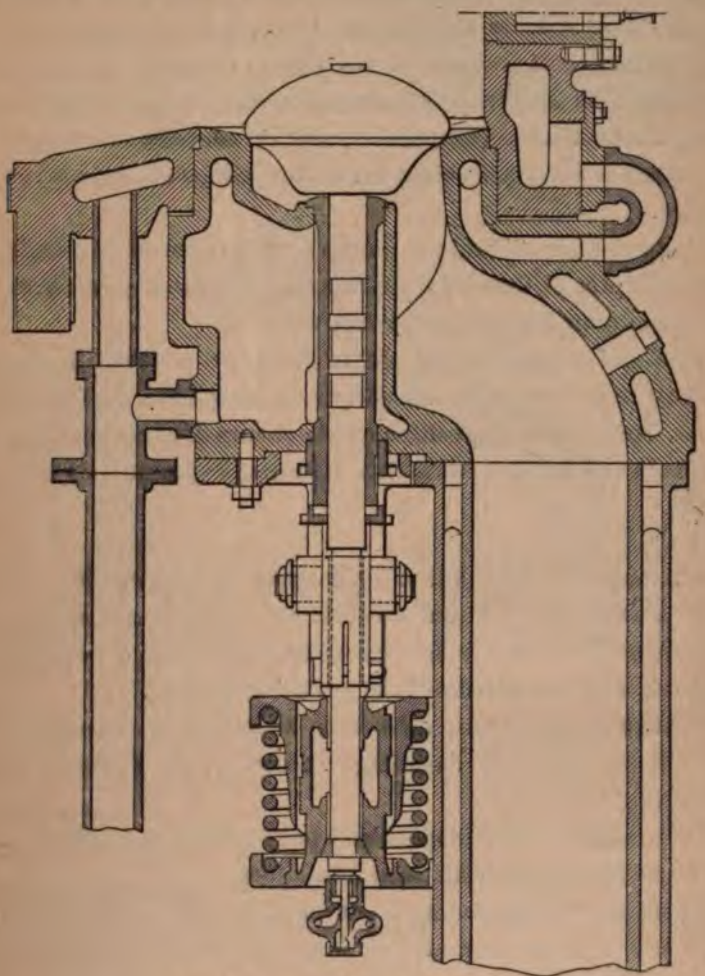


Fig. 8. — Soupape à circulation d'eau.

Le moteur doit commander la soupape d'aspiration d'air ou celle du mélange gazeux ; ces soupapes ne doivent pas être abandonnées à l'action d'un simple ressort qui fléchit sous l'effet du vide produit par l'aspiration.

Il faut, en effet, éviter que l'admission du gaz ou du mélange d'air et de gaz se fasse en dépression dans le cylindre, sinon le

poids du mélange admis serait inférieur à ce qu'il devrait être, d'autant plus que dans ces conditions l'ouverture de la soupape serait retardée et sa fermeture anticipée. A l'origine de la course du piston sa vitesse linéaire est trop faible pour provoquer un vide suffisant et vaincre la résistance du ressort. Il est donc nécessaire de régler séparément l'ouverture ou la fermeture de l'une ou de l'autre (soupape de gaz ou soupape de mélange). Il faut que ces soupapes soient conduites indépendamment l'une de l'autre.

La commande mécanique de ces soupapes paraît être exclusivement adoptée et tous les constructeurs de renom y recourent aujourd'hui pour les moteurs *industriels*.

Ceux qui n'opèrent pas de la sorte ne peuvent invoquer à l'avantage des soupapes libres que la simplicité de fonctionnement. Toutefois la disposition existe encore dans certains moteurs à pétrole et à benzine, dans les moteurs d'automobiles en particulier.

Allumage. — L'évolution qu'a subie la construction des moteurs à gaz a amené la substitution du tube incandescent ou de l'allumage électrique à l'ancien mode d'allumage à flamme nue ; nous ne nous occuperons donc pas de ce dernier.

Le tube incandescent, qu'il soit en faience ou en composition métallique, présente l'avantage incontestable d'un fonctionnement régulier.

Les systèmes et les dispositions pour rendre ce fonctionnement aussi parfait que possible sont nombreux.

La sureté d'inflammation étant obtenue avec le tube il faut veiller à ce que le moment où l'allumage se produit corresponde toujours exactement à la position du piston au point mort.

Nous avons dit plus haut que tout retard ou toute avance à l'allumage du mélange tonnant a pour conséquence de diminuer notablement l'effet utile de l'expansion des gaz.

Lorsqu'il y a avance à l'allumage, l'inflammation se produit avant que le piston, dans sa marche arrière, ait atteint le point mort.

Par conséquent le piston doit vaincre une énorme résistance

due à l'explosion anticipée et à la pression qui en résulte. D'autre part, à cause de la haute température de l'explosion, le refroidissement des gaz produits est très rapide ; ce refroidissement entraîne une chute brusque de pression, et comme il s'écoule un certain temps entre le moment où l'explosion a eu lieu et celui où le piston commence sa course en avant, l'effort moteur utile est d'autant plus réduit que l'allumage a été plus prématuré.

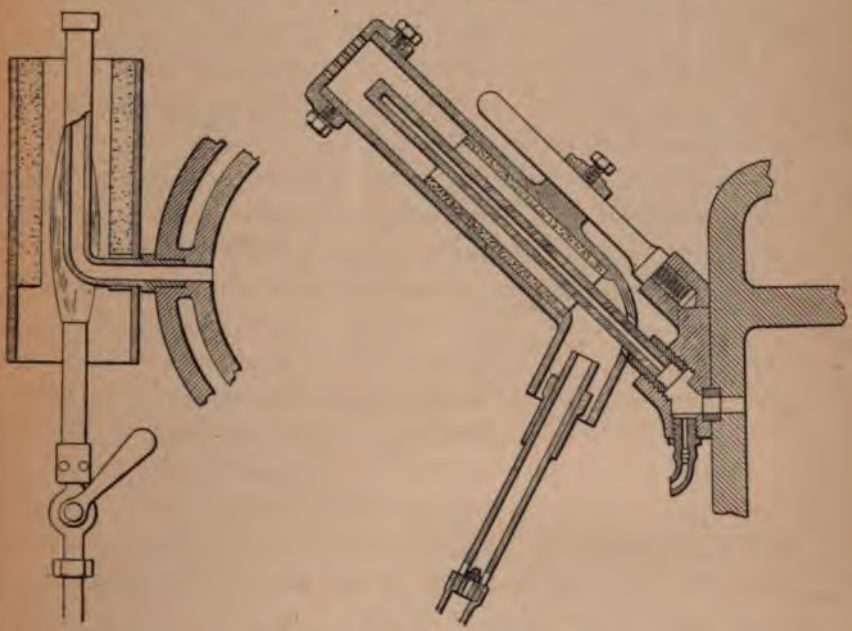


Fig. 9 et 10. — Tubes d'allumage.

Tubes d'allumage. — Les figures 9 et 10 représentent les deux dispositions adoptées le plus couramment pour ces tubes d'allumage.

Dans ces deux dispositions, sans soupape, la longueur et la hauteur à laquelle le tube est chauffé par la flamme extérieure sont réglées de façon à ce que le mélange gazeux refoulé dans le tube à la fin de la compression, atteigne la zône incandescente au moment aussi précis que possible où l'allumage et l'explosion doivent avoir lieu. Mais la température de la flamme du brûleur, la richesse du mélange gazeux, etc. font varier sensiblement le point de l'allumage et celui-ci n'est jamais précis.

Ces considérations mènent à cette conclusion que les moteurs par allumage à incandescence munis d'une soupape d'allumage sont préférables à ceux qui en sont dépourvus. L'emploi de cette soupape spéciale, commandée d'une façon positive par le moteur lui-même, permet de diminuer les chances d'allumage anticipé et d'allumage retardé (fig. 11) ; parce qu'il suffit de régler la température et la position du tube d'allumage pour que celui-ci se produise à coup sûr et instantanément dès l'ouverture de cette soupape, au premier contact des gaz du cylindre avec la partie incandescente du tube.

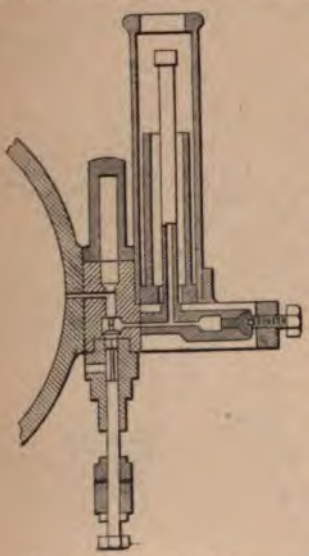


Fig. 11. — Tube d'allumage avec soupape.

Beaucoup de constructeurs, et des meilleurs, n'appliquent cependant la soupape d'allumage que pour des moteurs d'au moins 15 à 20 chevaux.

Ils sont guidés principalement par une considération d'économie dans la construction ; l'importance de la consommation totale est d'ailleurs moins à considérer dans un moteur de faible puissance que dans un gros moteur et la perte due à l'absence de soupape d'allumage est peu sensible.

Enfin, dans un gros moteur, une explosion anticipée peut occasionner la rupture d'organes actifs, tels que la bielle et l'arbre coudé. Cette considération rend l'emploi d'une soupape indispensable pour les moteurs à partir de 20 à 25 chevaux. Une telle rupture est moins à craindre dans les petits moteurs où les organes ont des dimensions relativement plus fortes. La consommation de gaz d'un brûleur bien conçu est de 100 à 150 litres par heure.

Allumage électrique. — L'allumage électrique consiste dans la production d'une étincelle dans la chambre d'explosion du moteur. Il présente au point de vue de la certitude du réglage un incontestable avantage sur le système à tube incandescent. Mais on lui reproche d'entraîner certaines complications dans l'installa-

tion et ses détracteurs prétendent même que la puissance et la vitesse de déflagration du mélange tonnant sont plus grandes avec l'allumage par tube incandescent. C'est cette opinion qui a dû contribuer à faire prévaloir le dernier système en Angleterre où les constructeurs de moteurs sont très nombreux et ne manquent pas de pratique.

L'allumage électrique, dans son application aux moteurs à gaz, est obtenu soit à l'aide d'une batterie avec bougie à étincelle, soit à l'aide d'une magnéto produisant mécaniquement une étincelle de rupture.

Piles. — Le premier système est moins coûteux, mais il exige pour son entretien et son bon fonctionnement des soins méticuleux. Il comprend trois éléments essentiels : la batterie, la bobine et la bougie (fig. 12).

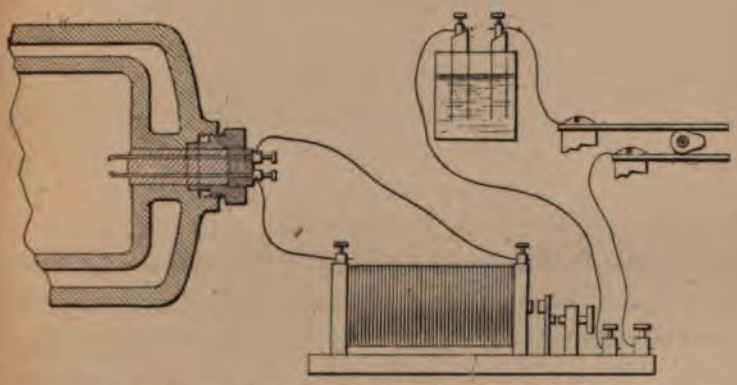


Fig. 12. — Allumage électrique par bougie et piles.

La batterie peut être formée par des accumulateurs qui doivent nécessairement être rechargés de temps en temps ou par des piles primaires dont on doit renouveler fréquemment les matières et nettoyer soigneusement les organes.

La bobine d'induction est accompagnée d'un trembleur qui se dérange f[illegible]ment et qui doit être réglé d'une façon très précise.

La bo[illegible] un organe p[illegible]iculièrement délicat et sujet à de [illegible] dont elle est formée est exposée [illegible] un isolement rigoureusement

parfait ; les contacts peuvent se détériorer par suite de surchauffe, se briser ou s'encrasser (fig. 13).

Dans les moteurs à pétrole notamment, les dépôts de carbone se forment très rapidement sur les contacts et empêchent les étincelles de se produire.

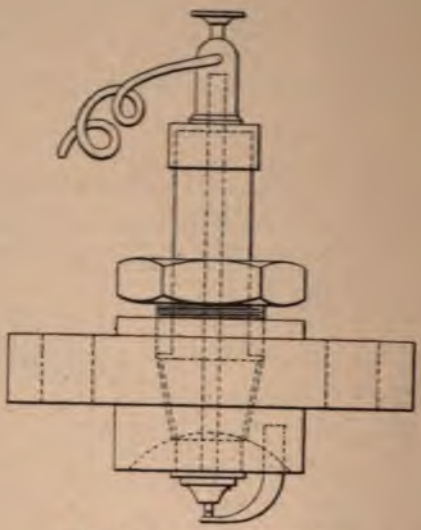


Fig. 13. — Bougie électrique.

L'emploi de la benzine ou du naphte rend cet accident moins fréquent, mais néanmoins, dans les moteurs d'automobiles, les *pannes* proviennent souvent d'un fonctionnement défectueux de la bougie d'allumage.

Le seul remède à cet état de choses consiste en un entretien très méticuleux de la bougie et des autres éléments de ce système.

Magnetos. — Les appareils magnéto-électriques sont au contraire remarquables par la régularité de leur fonctionnement. Ils peuvent servir pendant plusieurs années sans être réaimantés et ne comportent aucun accessoire d'un entretien difficile. Ces appareils sont commandés mécaniquement, le déplacement nécessaire de la bobine est obtenu par le mouvement d'une came placée sur l'arbre de demi-vitesse du moteur (fig. 14 et 15). Au moment où la came laisse échapper la bobine, celle-ci est ramenée brus-

quement à sa position primitive par l'action d'un ressort. Ce mouvement rapide engendre un courant qui passe par les contacts disposés à l'intérieur du cylindre et dont une commande mécanique assure immédiatement la séparation. Il se produit alors une étincelle dite de rupture, *étincelle très nourrie et très chaude,* beaucoup plus énergique que celle produite par une batterie ou une bobine et qui enflamme sûrement le mélange gazeux contenu dans le cylindre.

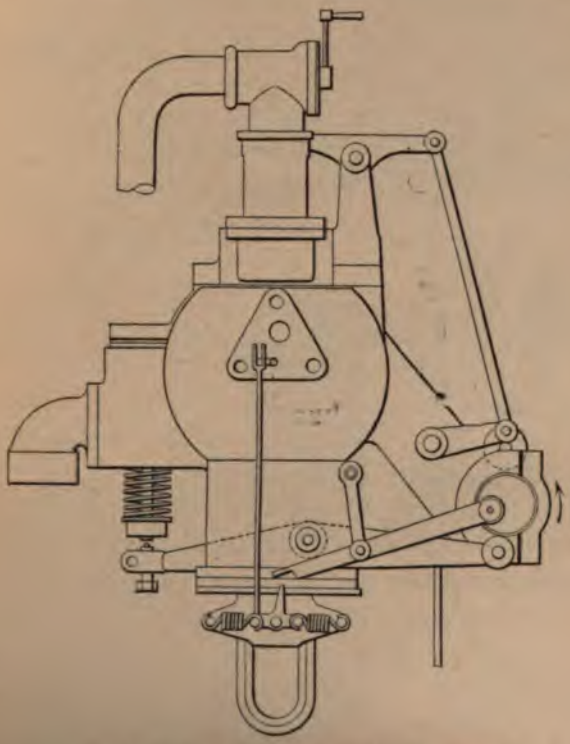


Fig. 14. — Dispositif d'allumage par magnéto.

Le dispositif de rupture est généralement en acier et il est muni parfois d'une pointe en nickel ou en platine (fig. 16).

Il suffit pour toute précaution de le préserver de l'humidité et de le nettoyer de temps en temps.

Pour les moteurs [illegible] l'emploi des appareils magnéto-électrique est recommandé [illegible] et batteries et

en général l'allumage électrique est à préconiser pour tous les moteurs fonctionnant à compression élevée.

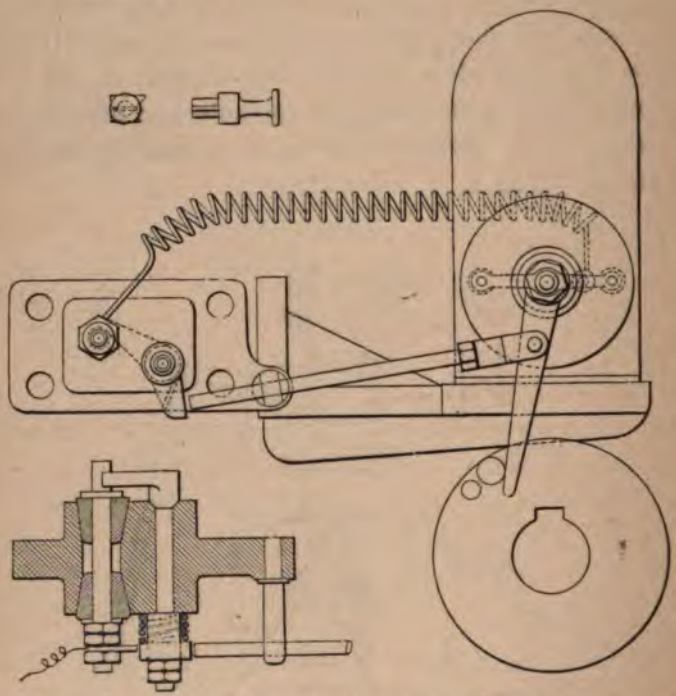


Fig. 15. — Ensemble et détails d'un dispositif d'allumage par magnéto.

Les appareils doivent être munis d'un dispositif permettant de régler à la main, pendant la marche, le moment de l'allumage (fig. 17).

Pour fixer les idées, nous reproduisons ci-contre une vue d'ensemble d'une disposition d'allumage magnéto-électrique appliquée à la culasse d'un moteur (Winterthur), ainsi qu'une coupe de la pièce portant les contacts de rupture fonctionnant dans la chambre d'explosion (fig. 18 et 19).

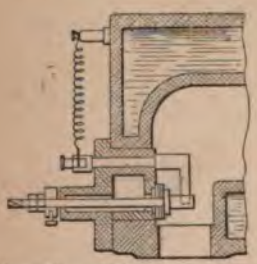


Fig. 16. — Pièces de contact d'une magnéto.

1° *La magnéto* A est formée d'aimants en fer à cheval entre lesquels oscille l'armature ou induit. L'axe de l'armature porte à son extrémité (tournée cônique) un levier coudé B fixé par un écrou.

2° *L'inflammateur* C, corps en fonte fixé par une bride mobile sur la culasse du cylindre et portant deux axes D et M dont l'un D mobile en bronze avec marteau de contact intérieur, petit levier de percussion et ressort de rappel extérieur; l'autre M fixe, isolé, recevant le courant de la magnéto A au moyen d'un fil de cuivre isolé E.

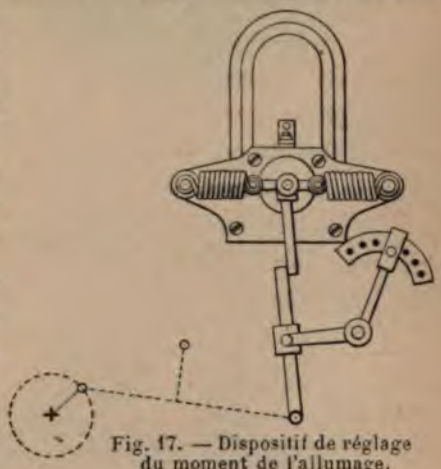
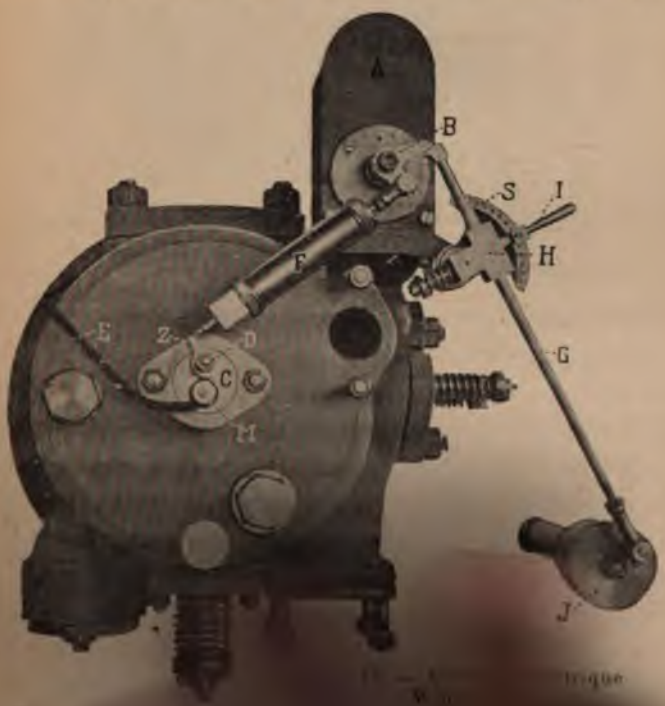


Fig. 17. — Dispositif de réglage du moment de l'allumage.

3° *Le ressort* F formé de deux boudins contenus dans un fourreau en laiton avec la tige de percussion en acier.



4° *Les organes de commande* une tige ou bielle de commande ressorts

de sureté, monté lui-même sur tourillon excentrique, à position variable au moyen de la manette de réglage I. Cette bielle reçoit son mouvement de l'arbre de distribution, sur l'extrémité cônique duquel est fixé une came J portant un tourillon.

Réglage de la magnéto. — La position de l'induit au repos n'est pas indifférente pour l'obtention d'une bonne étincelle lors de la rupture du contact. On tiendra compte des repères que porte l'induit et au besoin on pourra expérimentalement régler sa position pour obtenir une étincelle d'intensité maximum en modifiant à la main le calage du levier coudé B sur l'axe de l'induit.

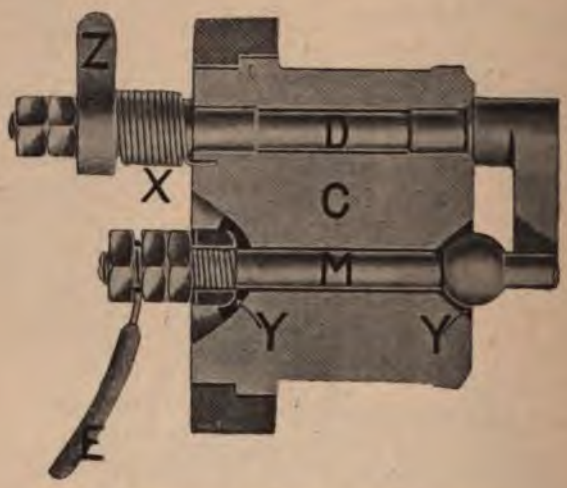


Fig. 19. — Contacts de l'allumage Winterthur.

Commande de la magnéto. — Le mouvement de commande doit faire osciller l'induit de 20 à 25° et le moment où la rupture se produit se règle en déplaçant la manette I. Pour la mise en marche du moteur on provoquera la rupture avec un léger retard qu'on diminuera à mesure que le moteur se rapprochera de sa vitesse de régime.

Inflammateur. — Il est bon d'avoir 1/2 millimètre de jeu au repos entre le levier Z et la tige du percuteur. La tige D du dispositif de rupture doit se mouvoir facilement et le marteau qu'elle porte à son extrémité vers l'intérieur du cylindre doit être en contact parfait avec la broche fixe M qui est électriquement isolée

de la masse. Cette dernière doit être bien serrée pour empêcher toute fuite susceptible de provoquer la détérioration de l'isolant.

* * *

Piston. — Par son contact continuel avec les gaz enflammés, le piston acquiert des températures élevées. La face arrière du piston doit être de préférence plane. Les fonds bombés ne sont pas à conseiller parce qu'ils se refroidissent mal et l'on doit proscrire les fonds munis soit de pièces rapportées, soit de tête de boulons, etc., qui sont susceptibles de s'échauffer, de rougir et d'allumer prématurément le mélange tonnant (fig. 20).

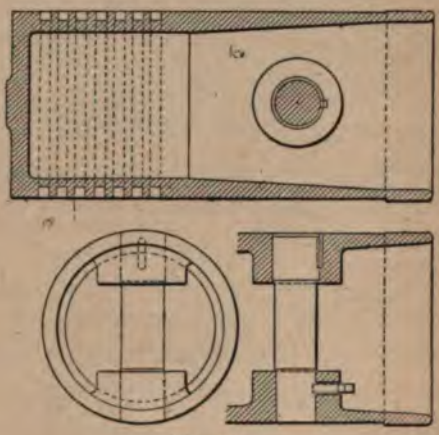


Fig. 20

Parmi les parties du piston exposées à une usure rapide, parce que le graissage se maintient difficilement, se trouve l'articulation avec la bielle (fig. 21).

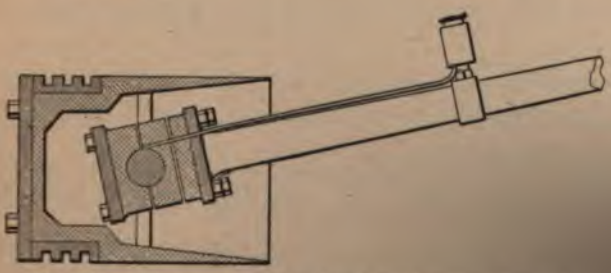


Fig. 21. — Piston avec dispositif de graissage du pivot.

Il est important que le coussinet qui se fixe au pivot nection soit formé de deux pièces susceptibles d'ajus compenser l'usure. Le pivot lui-même sera en acier cé

Pour les gros moteurs, certains constructeurs par

raison avoir renoncé à le serrer de part et d'autre dans chaque bossage venu de fonte du piston, au moyen de vis de pression ; il s'est produit, en effet, des ruptures de piston dues à l'allongement par dilatation des pivots ainsi retenus des deux côtés. Il est prudent de fixer le pivot à l'aide d'une seule vis de pression, dans l'un des bossages, tout en l'ajustant à frottement dur dans le bossage opposé. L'emploi de cales ou de vis calantes, introduites par l'extérieur du piston pour fixer le pivot, doit être proscrit ; il peut en effet arriver que ces cales se desserrent, reculent et grippent irrémédiablement le cylindre parce que le défaut ne se révèle que trop tard.

Le pivot de piston doit être calculé de telle sorte que la pression par centimètre carré de surface projetée ne dépasse pas 180 à 200 kilogrammes. On tiendra compte de ce que les explosions atteignent une pression initiale de 25 à 30 kilogrammes par centimètre carré.

Certains constructeurs fixent le pivot aussi loin que possible vers l'arrière du piston, de façon à le rapprocher du point d'application de la charge que constitue, dans l'espèce, la pression motrice de l'explosion. D'autres constructeurs, au contraire, reportent ce pivot vers l'avant du piston ; il ne semble pas résulter d'inconvénient grave à employer l'une ou l'autre disposition, quoique la première expose les segments à la réaction de l'effort dû à l'obliquité de la bielle pendant la période motrice de détente.

Dans le premier cas, la position des segments limitera seule celle du pivot.

Le nombre de ces segments ne devrait pas être inférieur à quatre ou cinq disposés à l'arrière du piston. Il est à remarquer que les bons constructeurs portent jusqu'à 8 et 10 le nombre de segments du piston pour les moteurs d'une certaine importance.

Les cercles ou segments de piston seront en fonte tendre ajustés avec la plus grande précision et de telle façon que, grâce à un ergot ménagé dans leur rainure, ils ne puissent tourner dans celle-ci, pour éviter que leurs ouvertures coïncident et laissent ainsi un passage aux gaz. Leurs parties jointives seront donc disposées en quinconce l'une par rapport à l'autre et toutes

placées vers le bas du cylindre, c'est-à-dire à l'endroit où l'huile a tendance à s'accumuler.

En thèse générale. un nombre élevé de segments peut être considéré comme une des caractéristiques d'une bonne construction.

Afin de prévenir l'usure prématurée du cylindre, plusieurs constructeurs allemands prennent soin, en outre, de munir l'avant du piston de garnitures en bronze ou en métal antifriction pour les moteurs d'une force supérieure à 40 ou 50 chevaux.

Il y a lieu toutefois de remarquer que cette disposition n'est applicable qu'aux moteurs dont le cylindre *travaille* relativement *froid*, sinon ces garnitures seraient exposées à se détériorer.

Disposition du cylindre. — La chemise du cylindre, dans laquelle le piston se meut et la chambre de circulation d'eau doivent être de préférence rapportées, c'est-à-dire indépendantes et non venues du même métal, de façon à en permettre la libre dilatation fig. 22 et 23.

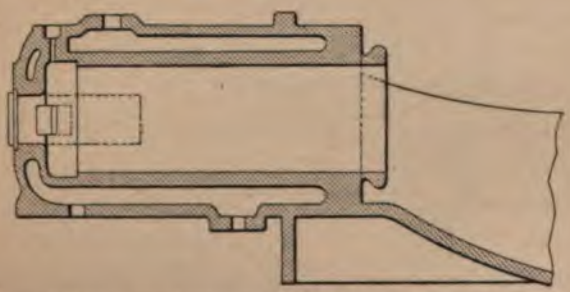


Fig. 22. — Culasse, enveloppe et chemise de cylindre d'une seule pièce.

En outre, si par suite d'un manque de soins ou de graissage, négligence fréquente dans la conduite des moteurs à gaz — le cylindre se grippe, son remplacement, grâce à cette disposition, se fera aisément et sans entraîner la perte de tout l'ensemble.

Pour la même raison l'enveloppe du cylindre et la culasse sont parfois indépendantes du bâti.

Dans beaucoup de moteurs horizontaux, le cylindre, par suite de l'assemblage de la partie [illegible] avec le bâti porte à faux sur [illegible]. Si cet [illegible] est sans consé-

quence dans les petits moteurs, elle devient par contre réellement vicieuse dans les grands.

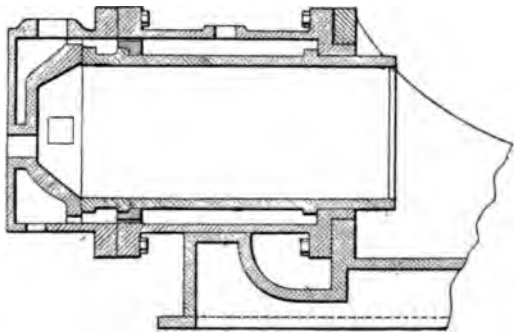


Fig. 23. — Cylindre à chemise et culasse indépendantes.

En effet, la plupart des moteurs modernes à simple effet ont leurs pistons reliés directement à l'arbre coudé par une bielle, sans intervention de tige et de crossette, la réaction verticale de l'effort moteur sur le piston se traduit donc tout entière par une

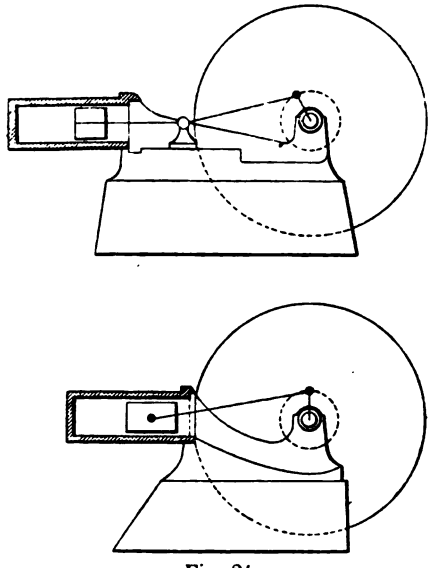


Fig. 24

poussée, verticale également, dans le cylindre (fig. 24). Cette poussée, agissant sur une partie non supportée, peut occasionner des ruptures et en tout cas elle entraine une détérioration rapide de l'assemblage et du joint du cylindre.

Bâti. — Les moteurs à gaz marchant par « à coups » à cause des chocs brusques qui résultent des explosions, doivent plus que toute autre machine avoir des bâtis massifs, ramassés et à large empâtement pour présenter une assise solide sur le sol.

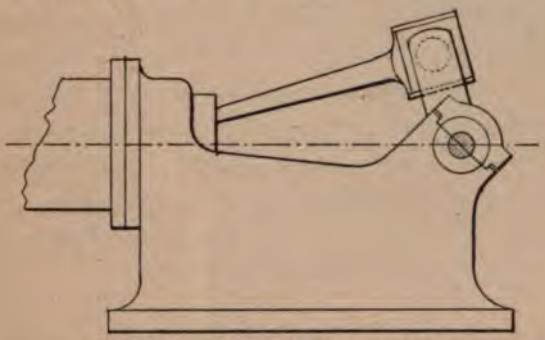


Fig. 25. — Moteur à paliers inclinés.

Cette condition, qui est essentielle, est souvent réalisée au détriment du bon aspect ou de l'élégance du moteur, mais on sacrifiera volontiers ces points en faveur de la première condition qui constitue un des éléments de la bonne marche. Pour les moteurs d'une certaine importance notamment, c'est-à-dire pour ceux qui dépassent 8 à 10 chevaux, on prendra de préférence les bâtis se fixant sur la maçonnerie sans intermédiaire de socles ou de soubassements en fonte.

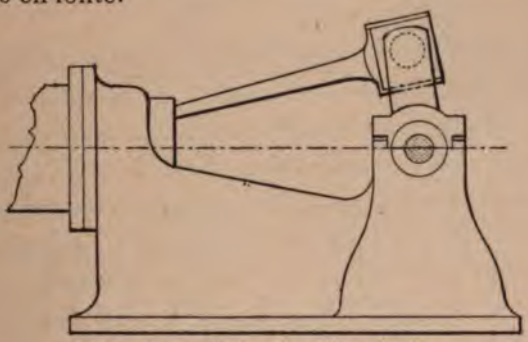


Fig. 26. — Moteur à paliers droits.

Certains constructeurs, en vue d'alléger les bâtis, attachent une moindre importance à l'empâtement et à la résistance et ont adopté la forme ci-dessus (fig. 25) à l'endroit des paliers de l'arbre coudé ; d'autres, pour la facilité de l'ajustage des coussinets ont donné la préférence à la seconde forme (fig. 26).

On conçoit que dans le premier cas une partie de l'effort produit par l'explosion réagit sur la partie supérieure du coussinet, sur le couvercle du palier et par conséquent sur les boulons de fixation.

Dans le second cas, si l'ajustage n'est pas très soigneusement exécuté ou si les surfaces frottantes sont insuffisantes, toute la poussée due à l'explosion s'opère sur la partie jointive extrême des deux demi-coquilles, en provoque ainsi une usure plus rapide et nuit au serrage de ces pièces. Certains constructeurs prennent soin, pour les gros moteurs, de composer les coussinets de 4 pièces avec rappel pour l'usure ; de cette façon les efforts s'opèrent sur des pièces normalement disposées.

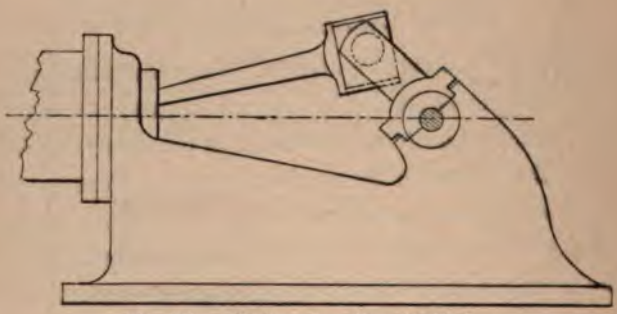


Fig. 27. — Moteur à paliers inclinés.

Une forme qui semble rationnelle est celle qui se rapproche de la figure 27 dans laquelle la réaction de la poussée se produit sur le coussinet inférieur qui est solidement soutenu par le bâti arc-bouté normalement en sens inverse de l'effort de l'explosion.

La somme des surfaces projetées des deux coussinets doit être calculée de façon que la pression explosive maximum de 25 à 30 kilogrammes par centimètre carré ne détermine pas sur ces coussinets une pression supérieure à 30 à 35 kilogrammes par centimètre carré.

Volants. — Dans les moteurs à gaz, les volants doivent être fixés avec beaucoup de soins sur l'arbre coudé ; ils doivent être calés le plus près possible des paliers pour réduire le porte-à-faux qui nuit à la rigidité de l'arbre.

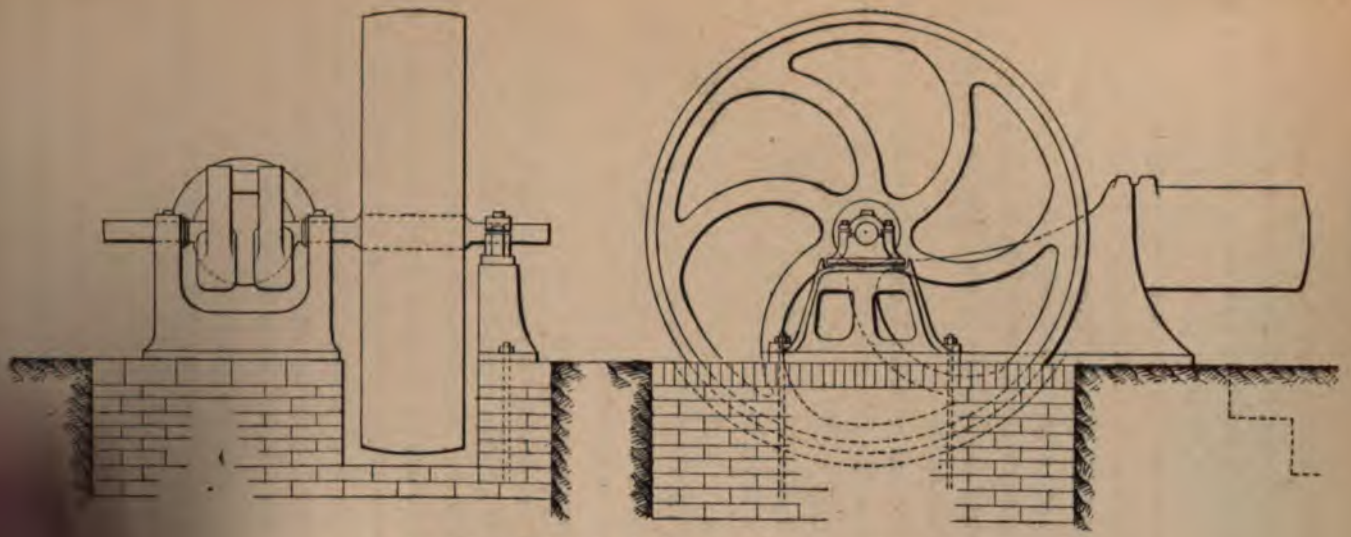


Fig. 28. — Moteur à volant unique et palier extérieur.

Si les volants sont fixés au moyen de cales à tête saillante il est prudent de recouvrir celle-ci d'un entourage protecteur.

Les volants doivent tourner absolument *ronds* et ne pas voiler lors de l'explosion, celle-ci fût-elle anticipée.

Dans les moteurs de construction soignée les volants sont dressés et tournés à la jante. La périphérie sera légèrement bombée pour mieux guider la courroie qu'on appliquerait sur les volants. Ils doivent être surtout soigneusement équilibrés par eux-mêmes et la préférence doit être accordée à ceux qui sont dépourvus de balourds venus de fonte ou rapportés soit au moyeu, aux bras ou à la jante.

La disposition qui consiste à munir le moteur de deux volants placés de part et d'autre du bâti, est appliquée surtout dans le but d'égaliser leurs effets d'inertie, mais dans le cas des moteurs spéciaux pour l'électricité et même pour les moteurs industriels d'une certaine force, l'emploi d'un volant unique avec palier extérieur vaut mieux pour compenser les irrégularités cycliques ou variations de vitesse dans un même tour (fig. 28).

Dans ce cas, si le moteur est muni d'une poulie, celle-ci sera placée entre le volant et le palier extérieur.

Voici les avantages qui militent en faveur du volant unique pour les moteurs destinés à actionner les dynamos notamment :

1° Le volant unique permet l'accès plus facile des organes à visiter. Il implique l'usage d'un troisième palier-support qui supprime le porte-à-faux existant avec les deux volants ordinaires.

2° Il supprime l'effet de torsion qui se produit sur le coudé à deux volants quand, lors des mises en marche, arrêts, changements de travail à transmettre, la résistance à la circonférence varie à l'un des volants tandis que l'autre, par suite de l'inertie, subit l'effort en sens contraire.

Quand il y a deux volants, calés en porte à faux aux extrémités de l'arbre, lors des explosions ils voilent à la jante et font *flamber* les courroies.

Le troisième palier qui accompagne la disposition à volant unique n'est qu'un support indépendant en fonte reposant sur le bloc de maçonnerie du moteur. Il est solidaire de ce bloc.

Le palier sur support indépendant est suffisamment rigide et ne

subit aucun effet de la poussée sur le coudé lors de l'explosion, la réaction sur le coudé restant absolument confinée entre les paliers du bâti.

Avec de semblables volants les bonnes firmes de construction de moteurs garantissent une régularité cyclique s'approchant sensiblement de celle des moteurs à vapeur perfectionnés. Pour un travail variant entre le tiers de la charge et la charge maximum, quand ces moteurs conduisent une dynamo à courant continu alimentant directement l'éclairage électrique, ils réalisent une parfaite fixité de la lumière et les indications des appareils de

Fig. 29

mesure apériodiques ne présentent pas de variations dépassant 2 à 3 % de la tension ou de l'intensité du courant. Le coefficient de variation de vitesse dans un même tour est alors voisin de 1/60.

Les bras des volants sont droits ou courbes.

Pour ces derniers, il n'est pas indifférent de les fixer dans un sens ou dans l'autre, ainsi que le font très souvent les monteurs

chargés de l'assemblage des moteurs. Ils importe que les bras courbes *travaillent* à la compression et non pas à la traction.

Il faudra donc monter les volants de façon que la partie concave des bras soit dirigée vers le sens de la rotation conformément au croquis ci-contre (fig. 29).

Dans les moteurs munis d'un système de réglage par *tout ou rien* si l'on emploie un volant unique, celui-ci doit être *extra-lourd* (fig. 28) pour compenser les irrégularités des actions motrices quand le moteur ne travaille pas à sa pleine charge, c'est-à-dire lorsqu'il ne se produit pas une explosion à chaque cycle.

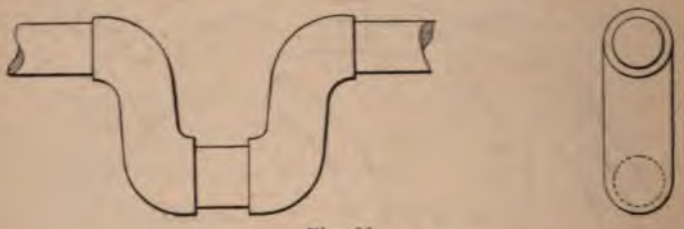


Fig. 30

Arbre coudé. — L'arbre coudé doit être en acier doux de première qualité, on donnera la préférence aux arbres dont le coude ne sera pas venu de forge (fig. 30), mais bien découpé dans la masse et dont les flasques, à section carrée (fig. 31) seront rabotées et tournées, ce qui implique plus de soins dans l'exécution et fait donc augurer de la bonne construction de l'ensemble.

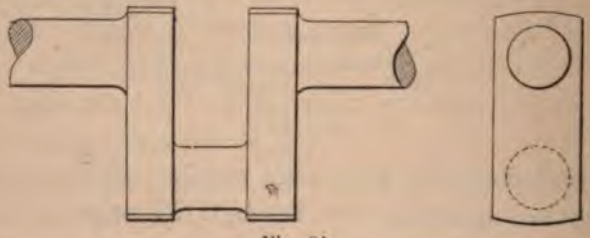


Fig. 31

Cette disposition a en outre l'avantage de permettre le rapprochement des paliers et de réduire à un minimum de portée la portion de l'arbre coudé qui peut être considérée comme la moins résistante et elle permet un équilibrage rationnel et précis de

parties en mouvement telles que le coude et l'extrémité de la bielle.

Les meilleurs constructeurs adoptent des coudés équilibrés par un balourd (fig. 32), rapporté aux flasques ou venu de fer, et ce, spécialement pour les moteurs à grande vitesse ou de certaine force.

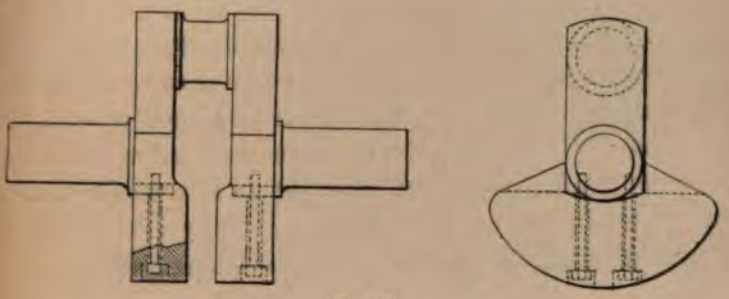


Fig. 32

La surface projetée du maneton du coudé est en général calculée d'après une pression de 100 kilogrammes par centimètre carré.

Cames, Rouleaux, Butées. — Toutes ces pièces, ainsi que le bouton de piston en particulier doivent être en acier de bonne qualité et cémentées à une profondeur de deux millimètres au moins. Leur dureté et l'état de cémentation peuvent être constatés à la lime. Cette règle est toujours observée par les bons constructeurs.

Coussinets. — Tous les coussinets et guidages doivent autant que possible être à rappel, c'est-à-dire munis d'un dispositif permettant de « rattraper » l'usure. Il sont composés en général de bronze ou de métal antifriction de première qualité.

Les surfaces frottantes doivent être largement [illegible] pour prévenir l'échauffement et l'usure.

Régularité. — La régularité des mote[illegible] points de vue différents.

1° *Variations du nombre de tours* [illegible]

Elle dépend principalement de la sensibilité du régulateur. Celui-ci peut être du type *à inertie* ou du type *à force centrifuge*.

Le premier n'est guère employé que dans les petits moteurs jusqu'à une dizaine de chevaux et ne s'applique qu'au système d'admission par *tout ou rien* (fig. 33).

Le second est le plus répandu, il agit sur un dispositif de réglage par *tout ou rien* ou sur un dispositif de réglage par *admission variable*. Dans le premier cas le régulateur déplace simplement une pièce très légère, quelle que soit l'importance du moteur, et dans ce cas ses dimensions sont très faibles. Dans le second cas, au contraire, il actionne soit une came cônique, soit tout autre organe de réglage massif et opposant de la résistance, et l'on conçoit que pour vaincre les réactions qu'il subit il doive être lourd et puissant comme le régulateur d'une machine à vapeur.

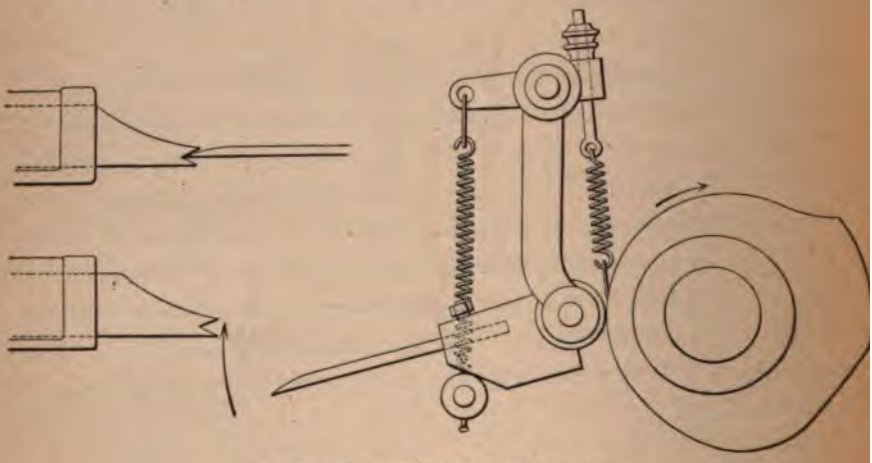


Fig. 33. — Régulateur à inertie.

On admet que les variations dans le nombre de tours entre la marche à vide et la pleine charge ne dépassent pas pour un bon moteur, 2 % si le réglage se fait par *tout ou rien* et 5 % s'il se fait par *admission variable*.

2° *Régularité cyclique*. — Cette expression signifie en propres termes que la vitesse du moteur reste constante dans un même tour. En pratique, ce résultat n'est jamais atteint et l'on admet pour les moteurs du *type électrique*, destinés à conduire des dynamos à courant continu, une variation de 1/60 environ, tandis

que pour les moteurs du *type industriel* on tolère une variation de 1/25. La variation cyclique dépend uniquement du poids du volant tandis que la variation du nombre de tours relève principalement du régulateur.

Régulateurs — Nous donnons ci-contre des croquis représentant les types principaux de régulateurs. Le régulateur à inertie, le régulateur à pendule ou centrifuge commandant un dispositif de réglage par *tout ou rien* (fig. 34), le régulateur à pendule (fig. 35) commandant un dispositif de réglage par admission variable du gaz.

Pour définir la différence d'action des deux derniers types de régulateur on peut admettre que le premier est au moteur à admission par *tout ou rien* ce qu'il est à la machine à vapeur Corliss, c'est-à-dire un appareil *indiquant* pour ainsi dire le point de l'admission ou de la détente sans les *provoquer*, tandis que le second agit, comme c'est le cas dans les machines genre Ridder, à coulisses, etc. où il commande le déplacement du tiroir de détente ou de distribution et se trouve soumis à des efforts variables suivant les pressions, les conditions de graissage, l'état des presse-étoupes, etc.

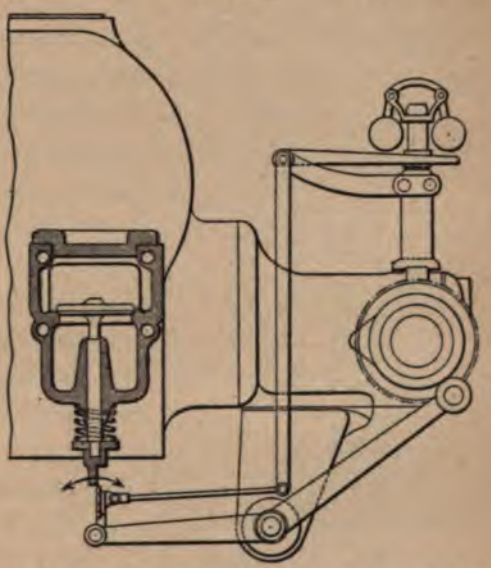
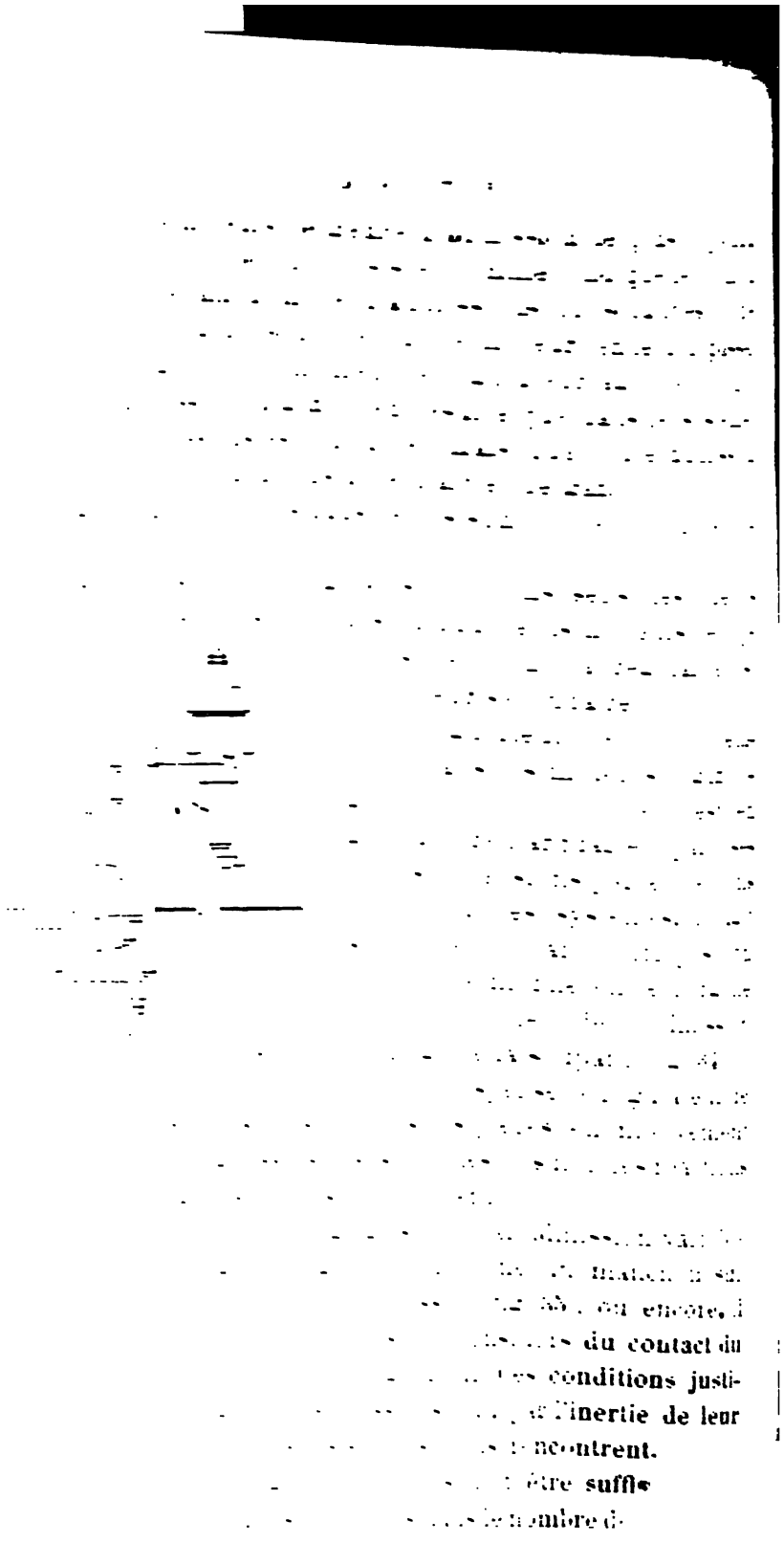


Fig. 34. — Régulateur avec réglage par tout ou rien.

Nous préconisons dans les moteurs à gaz, à l'instar de s'est fait grâce au déclic dans les machines à vapeur, des tions de régulateurs mettant ce délicat appareil à réactions et des efforts qui annihilent sa sensibilité.

Les régulateurs doivent être munis d'un dispositif de faire varier à la main la vitesse du moteur pendan



moteurs dans les limites de 2 à 3 % entre la marche à vide et le travail voisin de la pleine charge.

A conditions égales on ne peut guère exiger du régulateur à inertie qu'un coefficient de régularité de 4 à 5 %.

Le mode d'action des régulateurs est nécessairement lié au système d'admission adopté pour le moteur.

Celle-ci se réalise en effet de différentes façons qui varient essentiellement d'après l'importance, la destination des moteurs et le genre de combustible employé.

Moteurs verticaux. — Depuis quelques années, on semble, en Europe, avoir donné la préférence aux moteurs horizontaux, particulièrement depuis que l'usage des moteurs dépassant 10 à 15 chevaux de force s'est répandu dans l'industrie.

On réservait pour les forces de 1 à 8 chevaux, la forme verticale, avec le cylindre au-dessous et l'arbre et son volant dans le haut du bâti (fig. 36). Le seul avantage qu'on puisse attribuer à cette disposition consiste dans une grande réduction d'emplacement, mais il est évident qu'au delà d'une certaine force, les moteurs ainsi disposés manqueraient de stabilité.

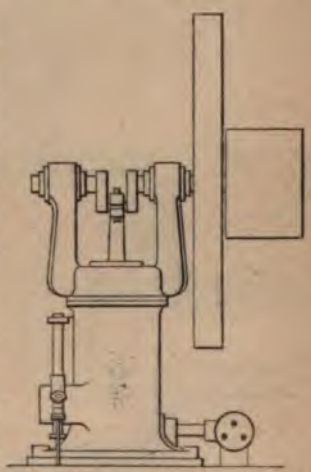


Fig. 36. — Moteur vertical.

En Amérique, en particulier, beaucoup de constructeurs, donnent la préférence à la disposition verticale dite *pilon* qui consiste à placer le cylindre dans le haut, tandis que l'arbre repose sur la partie inférieure du bâti et le plus près possible du sol (fig. 37 et 38). La question de faible emplacement se trouve ainsi re[illegible] en même temps que la stabilité grâce à laquelle on peut, [illegible]énient, augmenter le nombre de tou[illegible]a, de plus, un avantage consist[illegible]ectement l'arbre d'une dynam[illegible]primer ainsi la trans-

mission par courroie qui absorbe au minimum 4 à 6 % de la puissance totale.

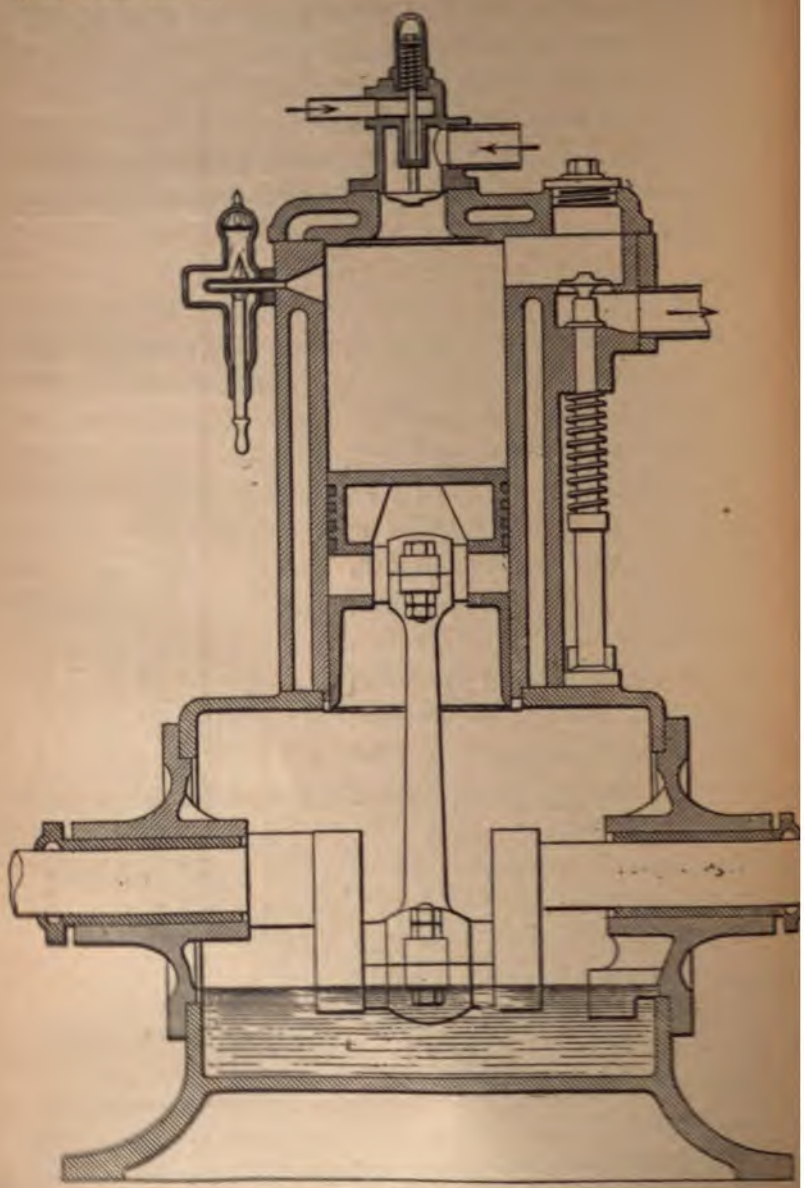


Fig. 37. — Coupe d'un moteur vertical type « pilon. »

Il est toutefois à remarquer que l'accouplement direct des génératrices aux arbres de moteurs implique l'emploi de dynam

rès volumineuses et par conséquent d'un prix élevé. Mais cette lisposition permet de monter dans un espace relativement restreint d'importants groupes électrogènes.

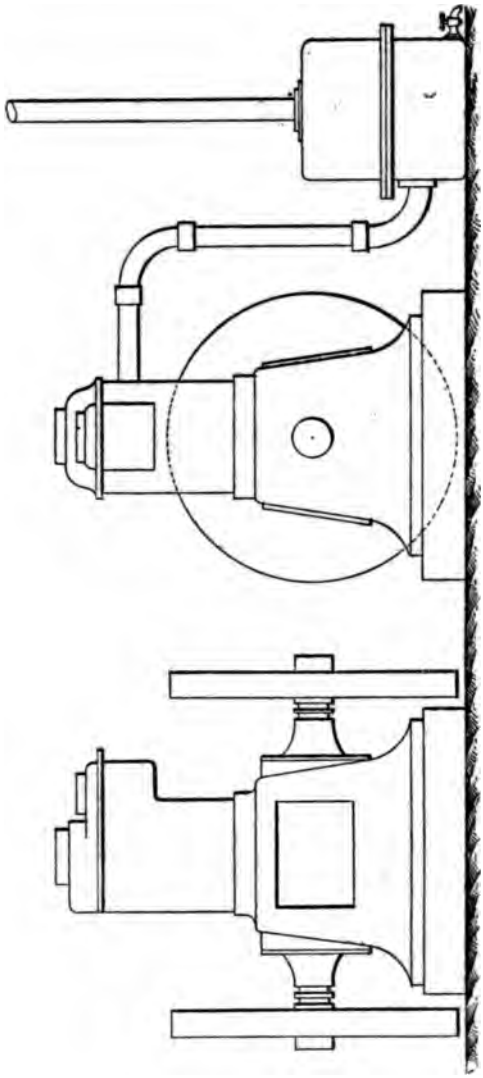


Fig. 38. — Vue d'ensemble d'un moteur vertical type pilon.

Quelques constructeurs anglais commencent également à adopter pour les grandes forces la forme *pilon* qui conduit à une notable économie de matière et à une réduction des frais d'installation.

Puissance d'un moteur. — Il faut considérer que la désignation de la force des moteurs à gaz se fait habituellement en *chevaux effectifs* alors qu'il est d'usage dans les contrats de vente de machines à vapeur de spécifier leur force en *chevaux indiqués*.

Toutefois, en Angleterre, la dénomination de *chevaux nominaux* est encore employée. Nous croyons donc utile de donner une définition exacte de ces appellations, grâce auxquelles des vendeurs, parfois peu scrupuleux, ont établi des confusions au détriment des acheteurs.

Le travail *indiqué* est une désignation théorique qui s'applique à la force résultant de l'action du fluide moteur sur le piston. Ce travail se mesure à l'aide de l'indicateur à diagrammes qui permet de déterminer la pression moyenne à considérer dans le calcul de la force théorique.

Le travail *effectif* est une désignation expérimentale qui s'applique à la force réellement disponible sur l'arbre du moteur: c'est celle qui intéresse exclusivement l'industriel.

Le travail *effectif* est égal au travail *indiqué*, déduction faite du travail absorbé par les résistances passives, le frottement des organes en mouvement, etc.

Dans un moteur de bonne construction où ces résistances, grâce au fini de l'ajustage et à la simplicité des organes, sont réduites au minimum, le travail *effectif*, en considérant la force maximum du moteur, atteint de 80 à 87 % du travail *indiqué*. Ce rapport est communément appelé *rendement mécanique ou organique* du moteur.

La force *nominale* est une désignation arbitraire, en ce sens qu'en Angleterre où elle est beaucoup employée, les constructeurs mêmes ne semblent pas être d'accord sur la valeur absolue à lui attribuer : elle varie entre 3 à 4 chevaux nominaux pour un cheval effectif.

L'équivoque qui peut résulter de son emploi doit la faire rigoureusement écarter par l'industriel.

Lorsqu'on a un moteur à installer, la détermination de sa force est une question de grande importance qui ne doit pas être envisagée comme lorsqu'il s'agit d'une machine à vapeur ou de toute autre force motrice.

En effet, il ne faut pas perdre de vue que c'est surtout à pleine charge que les moteurs à explosion donnent leur rendement maximum et que dans ces conditions il y aura généralement lieu de subordonner l'utilité d'avoir de la force de réserve à l'avantage économique qui doit résulter de l'emploi d'un moteur fonctionnant sous une charge voisine de sa force maximum.

De plus, et contrairement à un système trop répandu, l'industriel n'admettra pas que la force qu'on stipule pour le moteur qu'on lui vend, constitue une puissance extrême qu'il n'est pas susceptible de développer pratiquement dans les conditions industrielles.

Certaines firmes, par suite des exigences de la concurrence, vendent leurs moteurs dans ces conditions et nous ne sommes pas loin de la vérité en déclarant, à la suite des constatations faites dans nos nombreuses expertises, que 80 % des moteurs vendus, sans spécifications contractuelles bien précises, ne sont pas capables de soutenir pendant plus d'une demi-heure la force qu'on leur a attribuée et sur laquelle l'acheteur comptait.

Il faut donc que la force pour laquelle le moteur est vendu soit industriellement réalisable et capable d'être soutenue, au besoin pendant une journée entière sans que le moteur manifeste de perturbations quelconques dans la marche silencieuse et régulière.

Pour cela, il est nécessaire que le travail du moteur en marche normale ou constante ne dépasse pas 90 à 95 % du travail maximum dont il est susceptible et qu'on peut qualifier de *travail à outrance*.

En règle générale, et en particulier pour les installations dans lesquelles le travail varie du simple au double, il faut attribuer autant d'importance à la consommation des moteurs à demi-charge qu'à pleine charge et on donnera même la préférence à ceux qui, à conditions égales, auront la marche la plus économique à la première allure.

La consommation par cheval-heure *effectif* est en effet sensiblement plus élevée dans ce cas. Cette consommation est habituellement supérieure de 20 à 30 % à celle de la marche à pleine charge.

Cette particularité est surtout applicable aux moteurs à *simple effet* qui sont les plus répandus pour les forces inférieures à 100 ou 150 chevaux.

[illegible] moteurs à double ou *triple effet* la diminution de [illegible] resterait, d'après certains auteurs, à peu près proportionnelle à la diminution de force ou, tout au moins, l'écart entre la consommation unitaire à pleine charge et à charge réduite serait beaucoup moins important que dans les autres moteurs.

Nous devons dire toutefois que jusqu'à présent l'exactitude de cette assertion ne semble pas ressortir des expériences que nous avons eu l'occasion de faire.

En outre, cette économie relative est obtenue un peu au détriment de la simplicité et par conséquent du prix de ces moteurs; cependant on peut invoquer en leur faveur l'avantage d'une plus grande régularité cyclique exigible pour la production de la lumière électrique, mais cette régularité peut être également obtenue grâce à l'emploi des volants extra-lourds que les firmes anglaises notamment ont appliqués.

Mise en marche automatique. — Au début de l'emploi des moteurs à gaz on se contentait pour la mise en route d'un moteur, de tourner à bras d'homme, au volant, jusqu'à ce que la marche régulière fut assurée.

Cette façon de procéder tout à fait sommaire présente toujours quelque danger; elle est interdite dans un certain nombre de pays par les règlements concernant l'emploi des machines industrielles et elle devient très pénible lorsqu'il s'agit de moteurs puissants et fonctionnant à compression élevée; aussi les constructeurs se sont-ils appliqués à combiner des moyens mécaniques permettant de faire démarrer les moteurs *automatiquement*.

Dans cet ordre d'idées, nous citerons d'abord les dispositifs de tuyauteries munies de robinets par la manœuvre desquels on peut introduire dans le cylindre du moteur au repos, une certaine quantité de gaz empruntée à la conduite d'alimentation.

Le piston est préalablement placé dans la position convenable et on forme derrière lui un mélange qui s'allume par lui-même au contact d'une flamme libre maintenue près d'un orifice *ad hoc*. Une explosion se produit, ferme automatiquement l'orifice d'allumage et donne au piston la première poussée motrice. Le moteur

ainsi lancé peut ensuite continuer sa marche par le fait du fonctionnement régulier des cycles.

Ce système réalise la mise en marche par l'explosion d'un mélange sans compression préalable.

Certains constructeurs ont imaginé des pompes à main servant à comprimer dans le cylindre un mélange d'air et de gaz qu'on enflamme en le mettant, au moment convenable, par la manœuvre de robinets, en rapport avec le dispositif d'allumage (fig. 39).

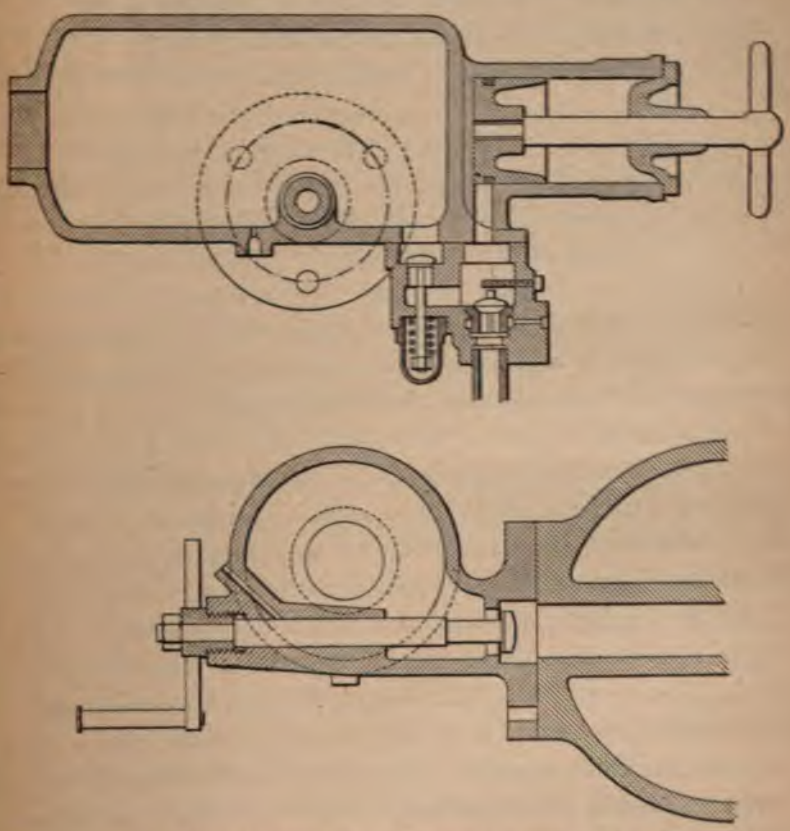


Fig. 39. – Appareil de mise en marche système Tangye.

Les deux procédés que nous venons de décrire ne sont pas d'une efficacité absolue et ils exigent de la part de celui qui les emploie un certain tour de main qui demande quelque temps à être acquis.

Ces systèmes présentent encore l'inconvénient de produire un démarrage brutal par le fait que l'explosion exerce instantanément sur le piston, le coudé et le volant au repos, un choc violent de nature à fatiguer ces pièces et à les exposer même à se rompre.

En outre, la moindre inétanchéité d'un des clapets ou soupapes du dispositif suffit pour faire rater la manœuvre et, en ce qui concerne la pompe notamment, pour provoquer un retour d'explosion dangereux pour l'homme qui la fait fonctionner.

Ces systèmes de mise en marche sont actuellement d'une façon presque générale, remplacés par le système à air comprimé beaucoup plus simple, moins dangereux et d'un fonctionnement plus certain.

Les appareils qui la réalisent comprennent principalement un réservoir en tôle épaisse, susceptible de résister à une pression de 12 à 15 atmosphères et dont la contenance est suffisante pour permettre d'opérer plusieurs mises en marche successives.

Ce réservoir est raccordé au moteur par une tuyauterie dont la disposition diffère suivant que le réservoir est chargé par le moteur lui-même faisant fonction de compresseur, ou par un compresseur indépendant actionné mécaniquement.

Dans le premier cas, la tuyauterie est munie d'un robinet d'arrêt placé contre le cylindre et d'une soupape de retenue. Grâce à ce dispositif, alors que le moteur est lancé et qu'on a coupé l'admission de gaz, on refoule dans le réservoir, pendant la période de compression, l'air aspiré à chaque cycle du moteur.

Lorsque le moteur, fonctionnant dans ces conditions par suite de l'inertie du volant, commence à ralentir, on ferme le robinet d'arrêt et on ouvre l'admission de gaz, de façon à provoquer quelques explosions et à rendre au moteur une certaine vitesse pour pouvoir continuer à charger le réservoir d'air comprimé. Ceci fait, on serre à fond le robinet-soupape fixé sur le réservoir même, ainsi que le robinet d'arrêt au moteur pour éviter toute fuite susceptible de faire tomber la pression du réservoir.

Dans le second cas, surtout appliqué aux moteurs dépassant une cinquantaine de chevaux, la tuyauterie de chargement reliée au compresseur est nécessairement indépendante de celle servant à la mise en marche du moteur.

Le réservoir étant chargé, la manœuvre de mise en marche du moteur consiste, la came de décompression étant engagée :

1° A mettre le piston à la position de départ qui correspond à une inclinaison du coudé de 10 à 20° dans le sens de la marche, à partir du point mort arrière, immédiatement après la période de compression ;

2° A ouvrir le robinet-soupape du réservoir ;

3° A laisser entrer brusquement l'air comprimé dans le cylindre par la manœuvre rapide du robinet d'arrêt qu'on referme une fois l'impulsion donnée pour le rouvrir à la période correspondante du cycle suivant. On répète cette opération plusieurs fois pour donner au moteur une vitesse suffisante ;

4° A ouvrir alors le robinet de gaz et fermer définitivement les deux robinets de la tuyauterie d'air comprimé.

Les tuyauteries et réservoirs à air comprimé doivent être parfaitement étanches. Ceux-ci doivent avoir une contenance en raison inverse de la pression à laquelle ils fonctionnent, c'est-à-dire qu'ils doivent être d'autant plus grands que celle-ci est plus faible.

Par exemple, s'ils fonctionnent normalement à 7 ou 8 atmosphères, leur contenance doit être de cinq à six fois au moins le volume de la cylindrée du moteur.

Si ces réservoirs sont chargés par le moteur même, la pression que l'air peut y atteindre est toujours inférieure de 15 à 20 % à celle de la compression.

CHAPITRE III

INSTALLATION D'UN MOTEUR

Dans le chapitre précédent nous nous sommes attachés à passer en revue les différents détails de construction d'un moteur et nous avons indiqué les dispositions qui nous paraissaient les meilleures et les plus rationnelles envisagées à un point de vue général. Nous nous sommes abstenus de donner la description particulière de tel ou tel système afin de ne pas étendre outre mesure le cadre de cet ouvrage.

D'ailleurs les meilleurs auteurs connus, spécialistes distingués en la matière, tels que M. Aimé Witz en France ; MM. Dugald Clerk, Frédéric Grover, Bryan Donkin en Angleterre et MM. Guldner, Schöttler, Ihering en Allemagne, ont publié des ouvrages descriptifs très complets et très clairs sur les différents types de moteurs connus.

Nous allons maintenant passer en revue les différentes dispositions qui, à notre avis, doivent être appliquées de préférence pour installer un moteur de façon rationnelle.

Les prescriptions que nous examinerons ne se trouvent jusqu'ici, à notre connaissance, développées dans aucun ouvrage.

L'expérience qui nous a permis de les formuler résulte de la fréquentation suivie des principaux ateliers de construction de moteurs et de la pratique acquise à la suite de plus de 400 essais auxquels nous avons procédé depuis 15 ans sur des moteurs de toute marque dans les principaux centres industriels d'Europe et d'Amérique.

Emplacement. — On placera les moteurs de préférence dans un endroit clair et d'un accès facile au point de vue de la surveillance et de l'entretien. On les isolera de façon à les préserver complètement de la poussière.

En règle générale on clôturera donc l'emplacement réservé aux moteurs. Il faudra éviter de les placer dans des caves ou sous sols humides, mal éclairés ou mal aérés.

Conduites de gaz. — Pour les moteurs fonctionnant au gaz d'éclairage, les canalisations d'amenée du gaz, les poches, etc., sont rarement tout à fait exemptes de fuites. Pour cette raison on aérera autant que possible la salle des machines en vue de la sécurité. On évitera les longues canalisations de gaz entre le compteur et le moteur et ce par simple raison d'économie, puisque les chances de fuites et de pertes de gaz sont d'autant plus nombreuses que les conduites sont plus longues.

Il est très rare de trouver une conduite d'un moteur d'une trentaine de chevaux ayant 10 à 15 mètres de longueur qui ne donne lieu à des fuites d'au moins 25 litres de gaz à l'heure.

Une autre raison d'économie milite en faveur des conduites courtes entre le compteur et le moteur, c'est celle qui relève du fonctionnement du moteur lui-même.

En effet, il y a intérêt à alimenter les moteurs de gaz aussi froid que possible et cette condition se trouve rarement réalisée quand de longues conduites traversent tous les ateliers dont la température est généralement supérieure à celle des canalisations souterraines.

On doit cependant éviter d'installer des conduites qui pourraient être, en hiver, exposées au froid extérieur, car la gelée provoque dans les canalisations de gaz, notamment des dépôts de naphtaline à l'état de cristaux qui réduisent la section de passage du gaz et arrivent même à obstruer les conduites.

On constate fréquemment la présence d'eau de condensation dans les canalisations de gaz ; on évitera donc, lors de la pose de celles ci, les contre-pentes où elle pourrait s'accumuler sous forme de poches d'eau qui font vaciller la lumière et la flamme du brûleur et révèlent ainsi leur présence.

Dans les endroits où l'eau pourrait s'accumuler on ménagera un robinet de vidange pour l'éliminer, de même que dans les endroits exposés à la gelée, on montera un robinet ou un bouchon par lequel on pourra introduire un liquide propre à dissoudre la naphtaline.

Compteurs. — En règle générale, tant dans l'intérêt de la bonne marche du moteur que pour éviter les vacillations de la lumière des éclairages avoisinants, on emploiera de préférence des canalisations de grand diamètre et on s'abstiendra de réduire les dimensions de celles-ci au-dessous de celle qui correspond à la section de la tubulure de sortie du compteur choisi d'après le tableau ci-après.

Compteurs Calibre	Débit normal à l'heure	Dimensions en millimètres			Diamètre de la tubulure en millimètres	Force maximum en chevaux du moteur à alimenter
		Hauteur	Largeur	Profondeur		
3 becs	420 litres	330	280	250	15	1/2
5 »	700 »	410	350	270	20	3/4
10 »	1 400 »	490	420	320	25	1-2
20 »	2 800 »	590	500	390	30	3-4
30 »	4 200 »	650	550	480	37	5-6
50 »	7 000 »	750	620	520	43	7-10
60 »	8 400 »	770	650	650	45	11-14
80 »	11 200 »	840	720	690	50	15-19
100 »	14 000 »	890	770	760	50	20-25
150 »	21 000 »	1 020	850	860	»	30-40

Les indications données par les compteurs (fig. 40) ne sont exactes que si ces appareils sont installés et fonctionnent dans des conditions normales.

Deux causes principales tendent à fausser ces indications :

1° L'évaporation de l'eau ;

2° Le défaut d'horizontalité du compteur.

L'évaporation se produit d'une façon continue par suite du passage du gaz dans l'appareil.

Elle augmente avec la température du local dans lequel se

trouve installé le compteur. Il y a donc nécessité de diminuer cette température et il est recommandé de placer le compteur le plus près possible du sol.

Elle augmente également avec le volume du gaz débité. Il faut donc éviter que le compteur ne débite plus que le volume pour lequel il est construit.

Afin de faciliter le retour au compteur de l'eau de condensation et de l'empêcher de s'accumuler dans les conduites, il faut autant que possible incliner celles-ci vers le compteur.

L'abaissement de l'eau dans le compteur favorise l'abonné au détriment de la compagnie.

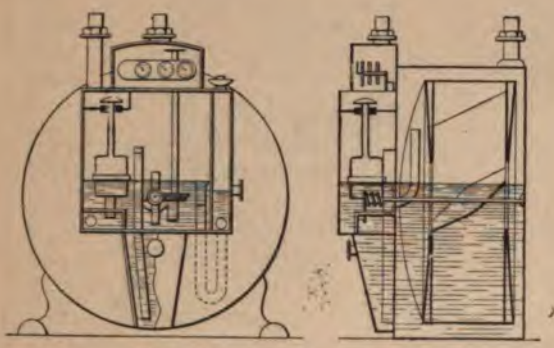


Fig. 40. — Compteur à gaz.

Le défaut d'horizontalité du compteur a une influence différente suivant le sens de l'inclinaison.

Si le compteur penche d'arrière en avant ou de gauche à droite, l'eau peut s'écouler par l'orifice latéral du niveau et les indications sont faussées au détriment des intérêts de l'abonné.

Pendant l'hiver il est nécessaire de préserver les compteurs des effets de la gelée.

La méthode la plus simple à suivre consiste à les envelopper de substances mauvaises conductrices, comme de la paille, du foin, des chiffons, de l'ouate, etc.

On peut également prévenir la congélation de l'eau en y ajoutant de l'alcool dans la proportion de 1/2 litre par bec ; le liquide peut ainsi résister à une température d'environ 15 degrés au-dessous de zéro.

On peut remplacer l'alcool par la glycérine dans les mêmes proportions en ayant soin que ce corps soit bien neutre pour éviter l'attaque du compteur par les acides qu'il contient parfois.

Compteurs secs. — Les compteurs *secs*, sans eau, qu'on emploie maintenant, en particulier dans les pays très froids, sont nécessairement à l'abri de tout accident par le fait du froid.

C'est principalement dans les pays froids, où les compteurs humides seraient difficilement protégés et où l'on aurait à craindre la congélation de l'eau que ces compteurs sont spécialement recommandés.

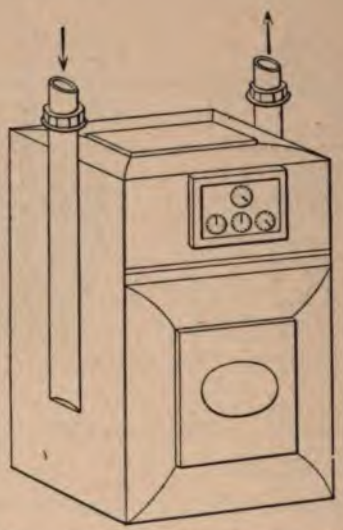


Fig. 41. — Vue d'ensemble d'un compteur sec.

Aux Etats-Unis, c'est le compteur sec qui paraît le plus employé. En Suède et en Hollande, il est également apprécié (fig. 41).

D'ailleurs, comme exactitude, on ne peut établir une différence de mesurage entre les compteurs « secs » et « humides ».

Le compteur sec a l'avantage de ne pas avoir un mesurage variant avec les fluctuations de niveau de l'eau ; mais, par contre, on lui reproche d'absorber, au bout d'un certain temps de fonctionnement, un peu plus de pression que le compteur humide.

'est un argument spécieux, car dans les canalisations, on a jours une pression suffisante pour faire fonctionner un comp- r.

)ans bien des cas où l'emploi de liquides incongelables est :essaire, il y a avantage à employer le compteur sec, tous les ıides incongelables ayant plus ou moins d'action sur la tôle mbée et même l'étain, suivant la composition du gaz fabri- é.

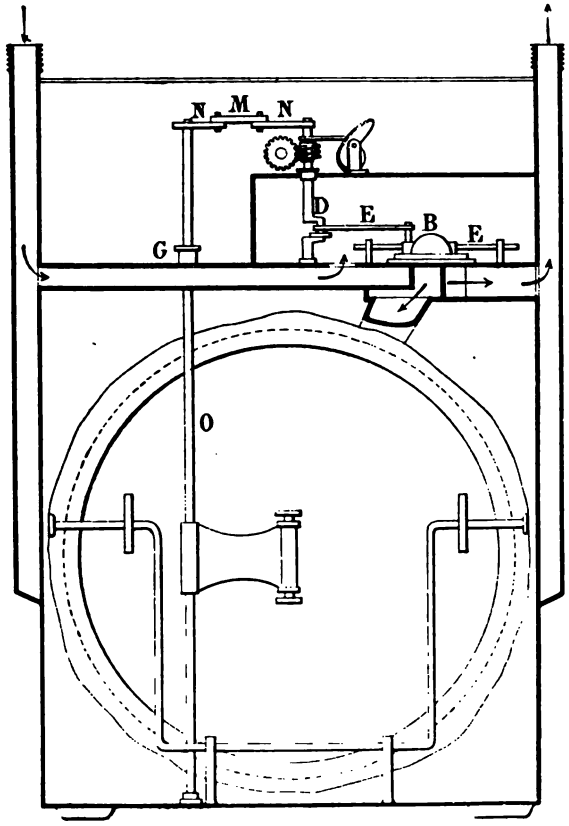


Fig. 42. — Compteur sec : Coupe.

.e compteur sec est constitué par deux soufflets manœuvrant ıs une caisse divisée en deux compartiments par une cloison diane.

.e gaz est distribué d'un côté ou de l'autre des soufflets, par e distribution à tiroirs B.

[illegible] B, [illegible] E, [illegible] MN, [illegible] 0, [illegible]

[illegible] permet [illegible] E [illegible]

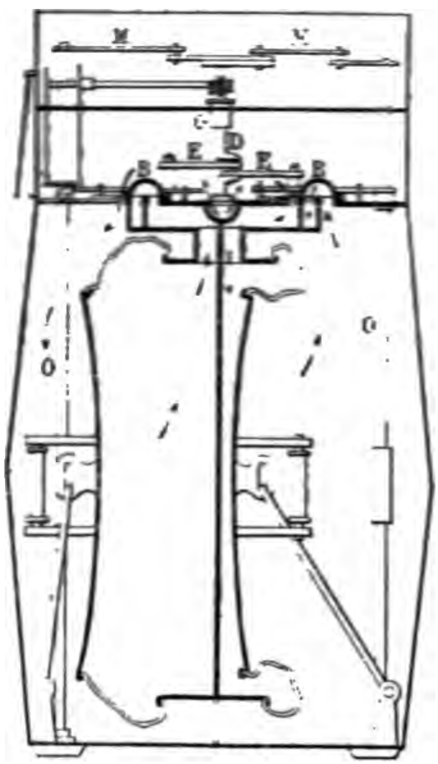


Fig. [illegible] — Compteur sec : Coupe.

Le mouvement de l'arbre à manivelle D, est transmis au numérateur ou minuterie [illegible], et, pour éviter toute fuite, cet arbre traverse une boîte à étoupes G.

Ces figures 42 43 montrent la structure d'un compteur. Les flèches indiquent le parcours du gaz.

On aura soin de munir le tuyau de gaz immédiatement dans le voisinage du moteur d'un petit robinet purgeur.

A l'aide de celui-ci on pourra utilement avant la mise en mar-

du moteur laisser échapper le gaz dénaturé par son séjour
s les conduites et dont la présence rendrait la mise en marche
)rieuse.

ans les moteurs munis d'un tube d'allumage, le tuyau d'alimen-
on de gaz de l'allumeur sera pourvu d'une petite poche en
utchouc pour éviter les effets de la dépression qui diminuerait
éteindrait la flamme de l'allumeur (fig. 44).

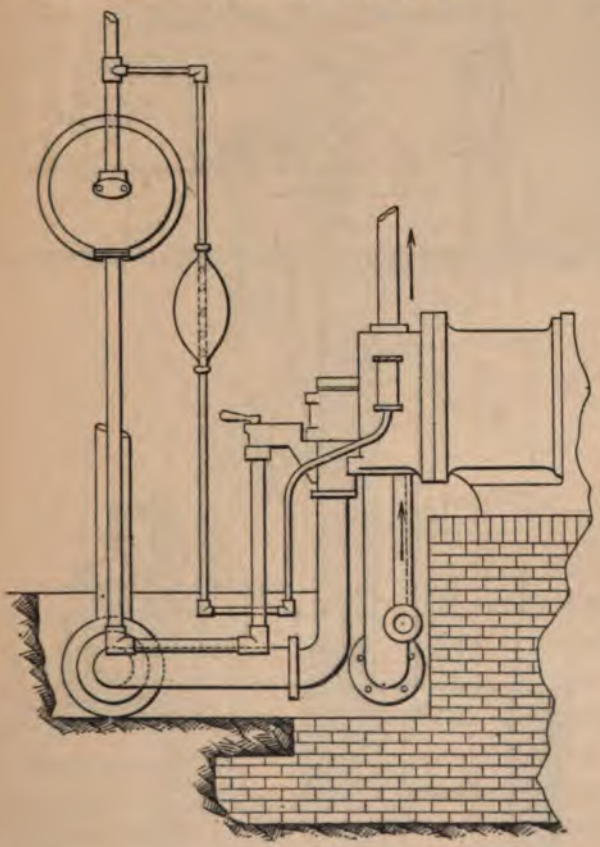
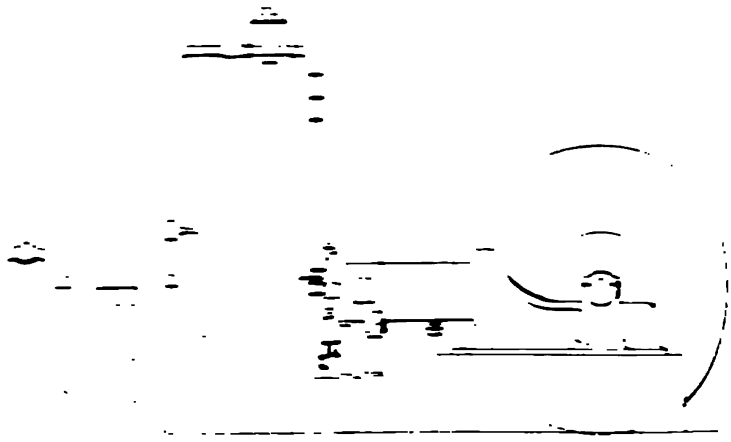
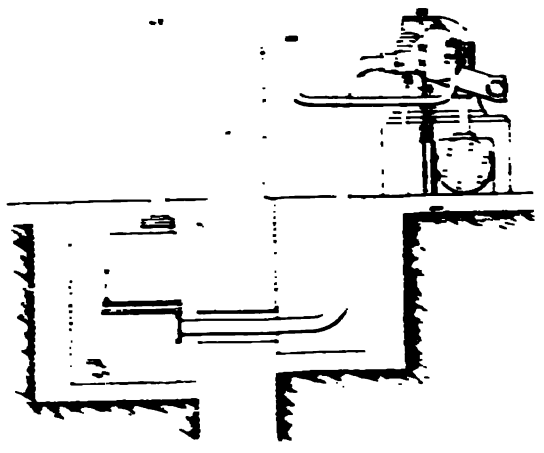


Fig. 44

n général on reliera ce tuyau à la conduite principale en deçà
poches ou antifluctuateurs.

)ans le voisinage du moteur, afin de permettre le libre accès
ses organes, on montera la conduite de gaz ainsi que les au-
s tuyauteries sous le sol et sans parties quelconques en
lie contre lesquelles il serait dangereux de se heurter.





prises de gaz du mo-
l'amenée de gaz des po-

Celles-ci formant réservoir de gaz, par suite de leur élasticité même compensent l'effet des aspirations du moteur ; cependant, pour assurer une alimentation sous pression constante nécessaire au bon fonctionnement, on ajoute généralement aux poches des appareils dits antifluctuateurs (fig. 46).

Ceux-ci, de construction et de système divers, sont habituellement basés sur le même principe.

Ils sont formés d'une boite métallique dont l'un des fonds est constitué par un diaphragme élastique, soit en caoutchouc, soit en tissu imperméable au gaz.

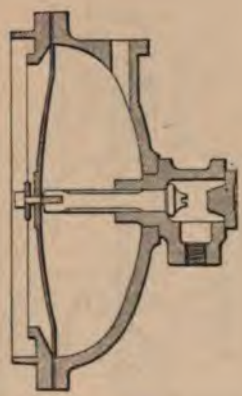


Fig. 46. — Antifluctuateur.

Lors de l'aspiration le moteur vide la boite de l'antifluctuateur. Le diaphragme fléchit et sa flexion entraine la fermeture d'une soupape ou d'une valve qui isole la conduite. Pendant les trois périodes suivantes : compression, détente et échappement, le gaz, par sa propre pression sur le diaphragme, entraine l'ouverture de la soupape ou de la valve et remplit la boite de l'appareil pour l'aspiration suivante.

D'autres appareils qui ne sont jamais vendus avec le moteur mais conseillés ou imposés par les services de gaz, se vendent sous le nom de régulateur de pression (fig. 47). Ils ont pour objet de s'opposer aux dépressions produites par les moteurs dans les conduites contigues et de régler la pression.

Ces appareils composés d'une cloche flotteur baignant dans un

réservoir d'eau, de glycérine ou de mercure agissent également sur une soupape qui peut obturer partiellement le passage.

Cette soupape étant équilibrée, son action mécanique est plus certaine. Aussi ces appareils sont ils très efficaces au point de vue de la stabilité de la lumière mais, par contre, ils sont souvent un obstacle au bon fonctionnement du moteur même parce qu'ils réduisent trop le débit et la pression du gaz.

Pour obvier à cet inconvénient il suffira de les choisir avec discernement et de les prendre surtout assez grands pour assurer le débit nécessaire au moteur.

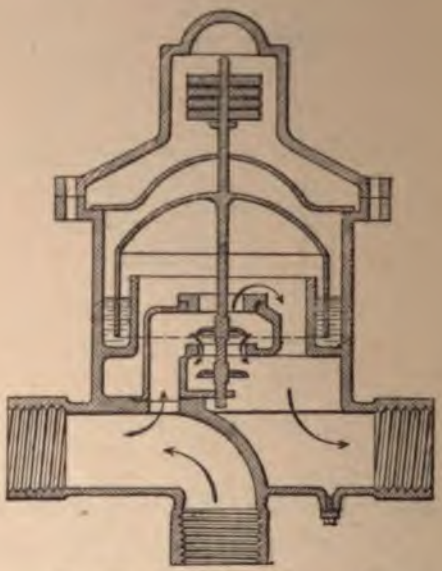


Fig. 47. — Régulateur de pression.

Par des vérifications fréquentes on s'assurera de ce que la cloche du régulateur est toujours plongée dans le liquide ; quant aux anti-fluctuateurs, on veillera lors du montage à ce qu'ils ne soient pas exposés aux projections d'huile qui sont nuisibles au caoutchouc.

Ces appareils se montent généralement contre le mur; on les fixera à une distance d'au moins 10 centimètres pour permettre de contrôler en cas de besoin le mouvement du diaphragme à l'aide de la main.

Pour ne pas fatiguer inutilement le caoutchouc des poches ou des antifluctuateurs, nous conseillons de placer un robinet d'arrêt en deçà de ces appareils, de façon qu'ils ne restent pas remplis pendant l'arrêt du moteur.

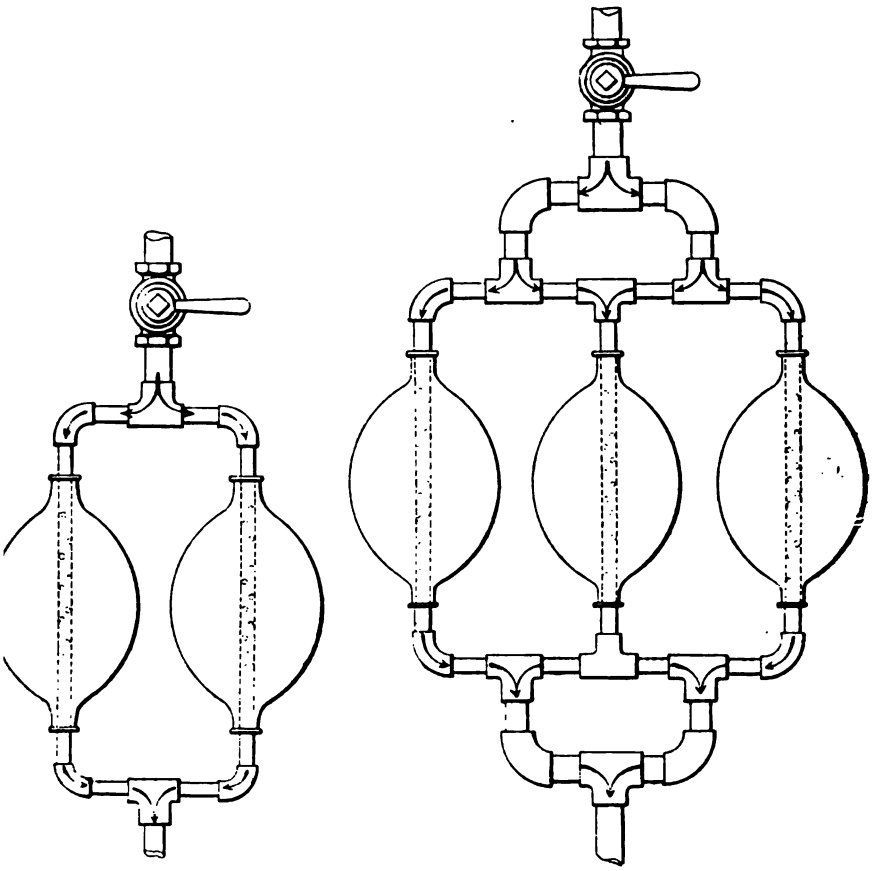


Fig. 48 et 49. — Dispositions de poches en caoutchouc.

La contenance des poches en caoutchouc que l'on trouve dans le commerce étant limitée, il sera nécessaire, pour les conduites importantes, de placer 1, 2 ou 3 poches supplémentaires en les disposant en série, suivant croquis ci-dessus mais on observera que la section totale des tuyaux de gaz dérivés soit au moins égale à la section du tuyau principal.

Il est bon aussi que le tube traverse la poche complètement, et

qu'il soit percé de trous pour le passage du gaz, comme l'indiquent les figures 48 et 49.

Dans le cas de 2 tuyaux dérivés, pour trouver le diamètre minimum qui réponde à cette condition on pourra procéder comme suit : On tracera en grandeur ou à une échelle quelconque une demi circonférence ayant un diamètre égal ou proportionnel à celui du tuyau principal fig. 50). Le côté du triangle isocèle inscrit dans cette demi circonférence donnera le diamètre minimum de chacun des tuyaux dérivés.

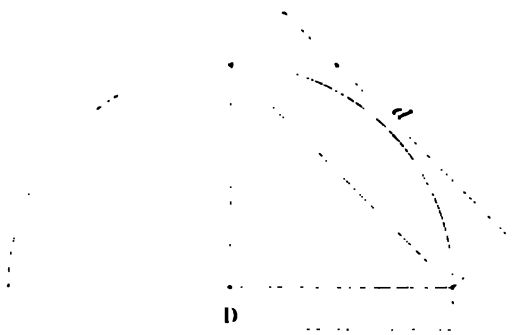


Fig. 50

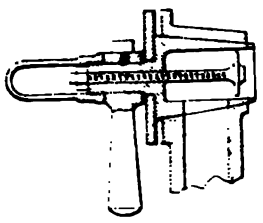


Fig. 51

Certains moteurs sont munis d'un robinet portant un dispositif à l'aide duquel on règle une fois pour toutes le débit du gaz suivant la qualité et la pression de celui-ci et suivant le travail moyen demandé au moteur.

De cette façon la manette du robinet peut être ouverte invariablement au même point (fig. 51).

Aspiration d'air. — Nous examinerons dans un chapitre spécial quelles sont les précautions à prendre pour combattre l'influence de l'aspiration d'un moteur sur la production de vibrations. La manière dont l'aspiration d'air fonctionne a nécessairement sur la bonne marche du moteur une influence aussi importante que l'alimentation du gaz puisque ces deux éléments contribuent à la formation du mélange tonnant.

Il faut soigneusement éviter les résistances à l'aspiration de l'air et pour cela réduire au minimum possible la longueur du

tuyau d'amenée dont la section devra être partout au moins égale à celle de la tubulure d'entrée au moteur.

La qualité du gaz variant fréquemment d'une ville à l'autre, la proportion convenable d'air et de gaz n'est pas constante ; il y a donc grand intérêt, en vue de pouvoir régler cette proportion sur place, à ménager un dispositif convenable sur le tuyau d'amenée d'air.

Les bons moteurs sont du reste munis d'un bouchon ou clapet *ad hoc*.

Généralement le tuyau d'aspiration débouche, soit dans le creux du bâti, soit dans un pôt ou boite d'aspiration indépendants. La première disposition n'est pas à conseiller pour les moteurs au delà de vingt à vingt cinq chevaux. Elle peut, en effet, donner lieu à des accidents tels que la rupture du bâti par suite d'explosions dites *de retour* dont nous parlerons plus loin.

Lorsqu'on emploie une boite indépendante, par suite de la proximité du sol, les ouvertures ménagées dans cette boite laissent aisément entrer les poussières lors de l'aspiration et celles-ci se trouvent entrainées jusque dans le cylindre où elles sont particulièrement nuisibles et contribuent à l'usure rapide des surfaces en contact.

On atténuera dans de sensibles proportions cet inconvénient en remplissant la boite d'aspiration de fibres de coco ou même de fibres de bois, mais à condition que celles ci ne soient pas tassées et laissent librement passer l'air sans opposer de résistance ; elles jouent ainsi le rôle de tamis.

Le nettoyage ou le remplacement périodique de cette fibre suffira pour préserver efficacement le cylindre.

D'une façon générale, il faudra prendre soin, avant de monter la tuyauterie d'air aussi bien que celle de gaz, de marteler légèrement les tuyaux à l'extérieur ainsi que les coudes et connexions pour les débarrasser des pellicules de rouille ou de sable qu'ils peuvent contenir ; sinon ces matières pourraient être entrainées dans le cylindre et causer des perturbations dans la marche.

On évitera dans tous les cas de faire déboucher le tuyau d'aspiration d'air sous le parquet ou dans des endroits clos parce qu'il arrive fréquemment que des fuites, dues par exemple à l'inétan-

chéité de la soupape d'aspiration, produisent un mélange détonnant susceptible d'exploser en cas de retour de flamme, comme nous venons de le dire au sujet du mode d'aspiration dans le creux du bâti.

Nous recommanderons d'autre part d'éviter de saupoudrer de sable ou de sciure de bois le parquet de la salle des machines.

Echappement. — La conduite d'échappement sera aussi courte que possible et formée de tuyaux en fonte ou en fer étiré.

Non seulement la force du moteur, mais sa consommation économique, peuvent être fortement affectées par les conduites longues et tortueuses.

Toute résistance à l'échappement des produits de la combustion, n'a pas seulement pour effet de déterminer une contre-pression nuisible, mais encore d'empêcher que le cylindre, après chaque explosion, soit bien débarrassé des gaz brûlés qui contaminent le mélange aspiré ensuite et lui enlèvent ainsi une grande partie de son pouvoir explosif.

La nécessité d'évacuer aussi parfaitement que possible les produits de combustion, n'est cependant pas toujours conciliable avec les dispositions locales; on atténuera, dans une certaine mesure, les inconvénients des longues conduites d'échappement, en évitant soigneusement l'emploi des coudes. Dans le cas d'une conduite très longue, il sera prudent d'en augmenter le diamètre de 5 en 5 mètres, à partir du pot d'échappement.

On appliquera de préférence des courbes douces et on placera le plus près possible du moteur, le pot d'échappement. Jamais on n'enterrera celui-ci, car les joints de la conduite d'arrivée et de la conduite de départ du pot d'échappement, doivent être bien accessibles pour être facilement renouvelés au besoin. Nous conseillons de le placer dans une cavité maçonnée que l'on recouvrira d'une tôle. On fera les joints à bride, en amiante et cuivre, pour les moteurs d'une certaine importance, car les tuyaux directement filetés dans la fonte sont exposés à ne pouvoir être démontés par suite de la rouille qu'engendrent la vapeur ou l'eau de l'échappement.

Cette formation d'eau, qui est la conséquence de la combinaison

de l'hydrogène du gaz avec l'oxygène de l'air, se dépose dans bien des cas au fond du pot d'échappement. Aussi, sera-t-il prudent de munir celui-ci, à la base, d'un bouchon ou d'un robinet exclusivement en fonte. Les eaux pouvant être alcalines ou acides ne manqueraient pas de corroder tout robinet en bronze. Pour éviter qu'elles attaquent les tuyaux, au lieu de disposer ceux-ci horizontalement, on leur donnera toujours une légère pente vers un point d'où l'eau peut être éliminée.

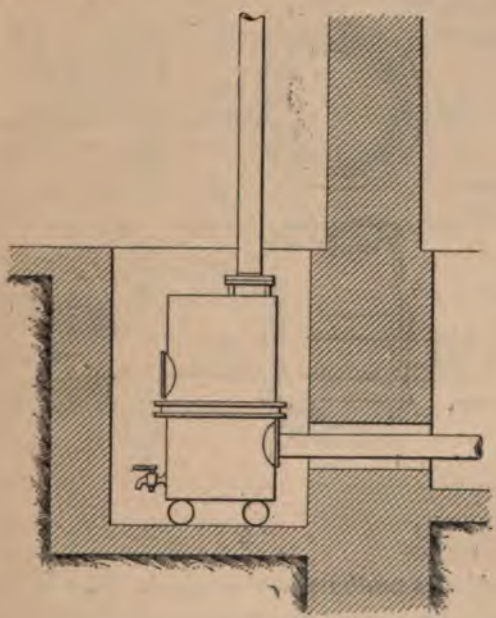


Fig. 52

Quand on fait usage de conduites d'une certaine longueur, il est indispensable de les disposer de façon à permettre leur libre dilatation sans fatiguer les joints, comme l'indique par exemple, le croquis ci- dessus (fig. 52). Le pot d'échappement repose sur des rouleaux en fer qui lui permettent de se déplacer légèrement.

Dans l'intérêt de la sécurité, on disposera les conduites, tout au moins dans la portion qui confine au moteur, à une distance convenable des boiseries ou de toute autre matière combustible On évitera rigoureusement de faire déboucher l'échappement dans des égouts ou dans des cheminées, alors même que ces dernières

[illegible] d'usage : les gaz non brûlés pourraient s'y accumuler [illegible] des explosions dangereuses qui ne manqueraient pas de se produire lors de la décharge.

On veillera à l'étanchéité des joints ou manchons filetés employés pour assembler les tuyaux d'échappement, l'action combinée de l'humidité et de la chaleur ayant pour effet de rouiller et de détériorer très rapidement le métal aux endroits où des fuites se produisent.

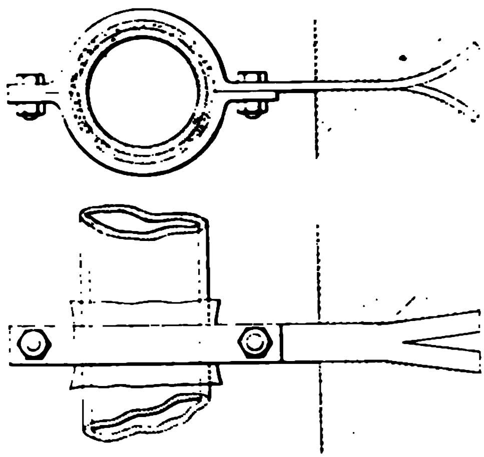


Fig. 53

Quand plusieurs moteurs sont installés dans le voisinage l'un de l'autre, chacun d'eux doit être muni d'une conduite d'échappement spéciale, sinon il arrive que pendant le fonctionnement simultané de ces moteurs, les produits de combustion chassés par [illegible] d'eux exercent une contre-pression nuisible à l'échappement de l'autre.

On pourra tout au plus, en cas de nécessité absolue, employer [illegible] commune au delà seulement des pots d'échappement [illegible] les assemblages ne se feront pas à l'aide de [illegible] mais bien à l'aide de raccords Y.

[illegible] des conduites contre les murs [illegible] ci-dessus (fig. 53), au moyen [illegible] amiante. Cette dispo-

sition a pour but de permettre un démontage facile et d'empêcher la transmission des vibrations aux maçonneries.

Nous examinerons ultérieurement les précautions à prendre pour atténuer le bruit dû à l'échappement des moteurs.

Pour empêcher l'eau de pluie de s'introduire par l'orifice des conduites d'échappement, on les terminera par une partie légèrement recourbée.

Les conduites d'échappement sont soumises à des vibrations dues à la brusque décharge des gaz. Pour protéger les joints, nous conseillons donc de fixer les tuyaux d'une façon rigide.

Autorisation administrative. — Les installations de moteurs à gaz sont soumises, dans la plupart des pays, à des règlements administratifs généraux ou locaux qui stipulent certaines conditions à remplir. Celles-ci variant suivant les localités, nous ne nous étendrons pas à leur sujet.

CHAPITRE IV

—

FONDATIONS ET ÉCHAPPEMENT

Nous rappelons que les moteurs à gaz sont des machines soumises à des efforts brusques et répétés qui produisent des réactions violentes sur les fondations.

Il importe donc d'établir celles-ci d'une façon particulièrement résistante, tant par leur forme et leur volume que par le choix des matériaux employés.

Maçonneries. — Il faut faire usage de briques dures, homogènes et bien cuites.

Le premier lit de briques doit être mis sur champ. Il sera prudent, pour augmenter la stabilité de la fondation, de l'allonger vers la base dans le sens longitudinal, comme le montre le croquis ci-contre au 50e.

Le mortier sera fait de mortier exclusivement composé de [illegible] de rivière et de ciment de très bonne qualité. [illegible] être remplacé par des scories pulvérisées bien [illegible]

[illegible] de 2 à de sable ou scories et 1 à de [illegible]

[illegible] d'huile qui pro[illegible] au travers du ciment et de[illegible]

[illegible]

lithe. On laissera sécher pendant au moins un jour ou deux les maçonneries ainsi établies avant de remblayer autour du massif.

Lorsqu'un moteur se trouvera installé au rez de-chaussée au-dessus d'une cave voûtée, on évitera d'asseoir la fondation directement sur la voûte ou les poutrelles, mais on élevera la maçonnerie à partir du sol même de la cave, de façon qu'elle traverse sans contact le parquet du rez-de-chaussée.

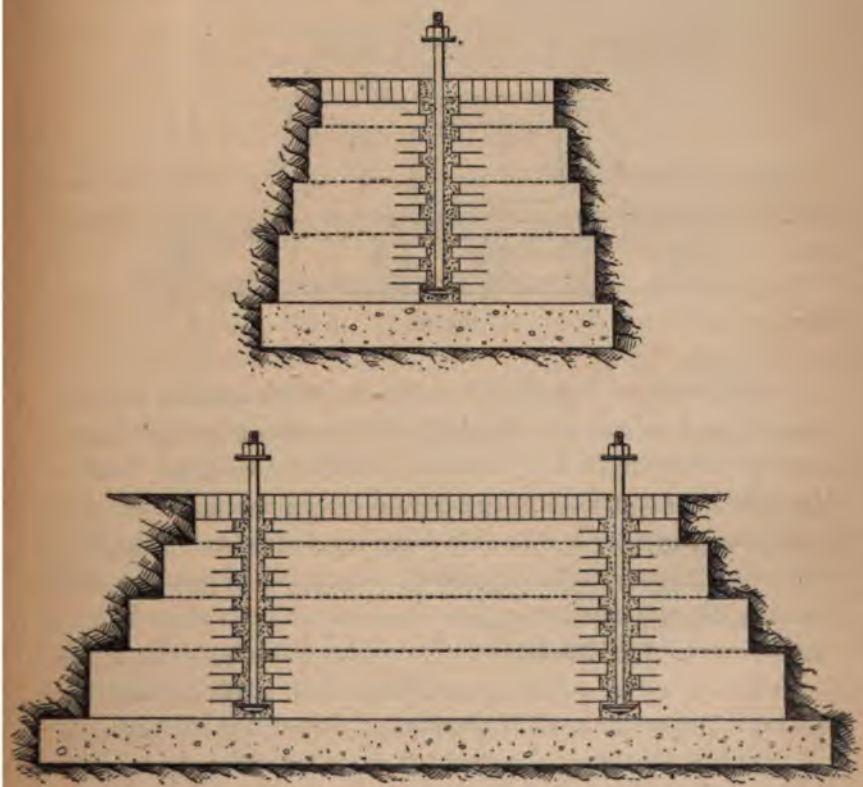


Fig. 54

Dans le cas d'installation d'un moteur sur un plancher d'étage, on recourra au mode de fixation de la figure 55.

Si les fondations, telles que nous venons de les décrire, satisfont aux conditions habituelles des installations industrielles, elles sont insuffisantes pour les cas spéciaux où la transmission des trépidations est à craindre.

Tel est le cas pour les installations de moteurs dans les agglomérations où l'absence d'industrie en général entraîne la nécessité de supprimer toute nuisance telle que le bruit, les trépidations, les odeurs, etc.

Dans ce cas du reste, l'octroi des autorisations de mise en usage, délivrées par les administrations compétentes, est subordonné à des conditions variables suivant les circonstances.

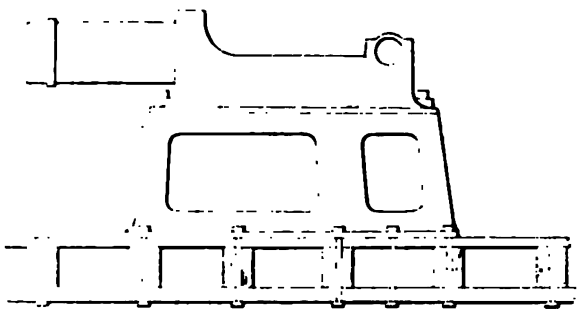


FIG. 55

Trepidations. — Il importe avant tout, pour empêcher la transmission des trépidations, d'isoler soigneusement les fondations des murs avoisinants. On préconise beaucoup à cet effet l'emploi des matières élastiques, dites antivibratoires, en première ligne desquelles on peut citer le crin et le feutre agglomérés, le liège, etc : l'efficacité de leur emploi dépendra beaucoup de la manière dont on les appliquera. Il sera toujours prudent d'intercaler entre le sol environnant et les faces latérales des massifs, lesdites matières en épaisseur suffisante, variant de 3 à 10 centimètres, suivant la nature du produit employé et l'effet à en obtenir.

Il sera bon d'interposer entre le fût de béton dont nous avons parlé plus haut et le massif de maçonnerie, et entre le massif et le sol, une couche assez épaisse de ces matières. On donnera la préférence aux matières qui sont imputrescibles par elles-mêmes ou tout au moins celles non susceptibles de perdre leurs qualités sous l'influence de la chaleur, de l'humidité et de la pression.

Ajoutons, il sera prudent de proscrire l'emploi du liège pour le dessous des massifs où la présence d'eau pourrait produire des

augmentations de volume, et par le fait, entraîner le dénivellement ou la dislocation des maçonneries.

Les matières que nous venons de citer ne sont pas d'un emploi fort onéreux quand il s'agit de fondations et de moteurs légers. Mais la dépense devient sensible lorsqu'on les applique aux fondations des moteurs de 30 à 50 chevaux et au delà.

Pour celles-ci nous préconisons une disposition aussi simple qu'efficace, et qui consiste à poser le massif du moteur dans une véritable cuve maçonnée dont le radier est constitué par une couche de béton d'épaisseur appropriée à la nature du sol.

On établira le massif de telle façon que les surfaces latérales soient absolument indépendantes des pieds-droits ou murs de la cuve ainsi formée. On prendra également soin de couvrir le radier d'une couche de sable sec bien damé et d'une épaisseur variable suivant le cas.

C'est, dans l'espèce, cette couche de sable qui constitue la matière antivibratoire, grâce à laquelle les trépidations du moteur restent confinées dans le massif.

Comme conséquence de cette disposition, il est à remarquer que faute d'être contenu latéralement, le massif devra avoir plus de résistance par lui-même et par suite, il sera bon d'en augmenter l'empâtement et le poids de 30 à 40 %. La dépense sera compensée du reste largement par l'économie résultant de la suppression des matières antivibratoires spéciales. Nous recommanderons encore dans le cas où ce genre de maçonnerie serait établi dans des endroits soumis à l'envahissement des eaux, de cimenter la cuve ou de l'asphalter.

Lorsque le moteur est d'une certaine force et destiné à la conduite exclusive d'une ou plusieurs dynamos, qui par elles-mêmes pourraient occasionner des vibrations, on les fixera directement sur le massif du moteur qu'on prolongera en conséquence afin de rendre les machines solidaires d'une même fondation.

Les descriptions que nous venons de faire dans les grandes lignes ne doivent du reste pas dispenser l'industriel de recourir à l'avis de spécialistes que la pratique a instruits des difficultés que présentent ces cas spéciaux.

Nous ajouterons encore, comme prescription générale, qu'il est

nécessaire de veiller à ce que les briques soient bien humectées avant de les maçonner pour qu'elles prennent bien avec le mortier.

Quand le moteur aura été mis sur ses fondations et déganchi par rapport à la transmission, on le nivellera soigneusement à l'aide de coins en bois dur.

Ce travail étant fait, on scellera les boulons en coulant du lait de ciment dans les trous et cela par doses graduelles pour qu'il ait le temps de faire prise. Quand les trous de boulons seront remplis et que ces derniers seront bien serrés à demeure, on disposera tout autour du socle en fonte un petit rebord en argile ou en sable formant cuvette dans laquelle on coulera également du ciment qui assurera ainsi une liaison intime entre le bâti du moteur et la fondation elle-même.

Dans les cas de volants uniques extra-lourds, comme on en adopte généralement pour les moteurs destinés à l'éclairage électrique, munis d'un palier sur support en fonte indépendant, on observera la règle suivante pour prévenir l'échauffement qui se produit généralement au coussinet de ce palier faute d'être bien stable (voir fig. 28). La partie de maçonnerie qui doit recevoir ledit support reposera directement sur le béton et sera soigneusement liée dans le bas à l'ensemble du massif.

Quand ce massif sera complètement maçonné, on suspendra le palier avec son support à l'arbre coudé et ce n'est qu'après qu'on *rempiètera* la maçonnerie sous la base du support qui sera de cette façon fixé à demeure dans sa position propre.

Pour les très grands moteurs, les boulons de fondation doivent être particulièrement bien scellés dans le massif; on disposera donc les briques autour des trous de boulon alternativement en saillie et en retrait comme le montre la figure 54. On tassera alors des *briquaillons* autour du boulon fixé et on coulera du lait de ciment dans les interstices.

Vibrations. — Il importe de ne pas confondre avec les trépidations, certaines vibrations dues plutôt à la transmission de bruits et au déplacement d'air produit par le piston.

Le bruit d'un moteur, en effet, procède de deux phénomènes

distincts. L'un est dû à la transmission par l'ensemble des corps durs qui constituent le bâti, le massif et le sol, et nous venons de l'examiner; l'autre est dû aux vibrations transmises à l'air. Dans les deux cas, pour réduire le bruit au minimum, il faudra maintenir dans un bon état d'ajustage les pièces en mouvement, et éviter tout particulièrement les chocs brusques les plus pernicieux qui proviennent toujours du jeu de l'articulation du pied de la bielle avec le bouton de piston et de la tête de bielle avec l'arbre coudé.

La marche douce du moteur étant assurée, il persiste toujours un inconvénient inhérent au mouvement rapide de va et vient du piston.

Dans les gros moteurs à gaz à simple effet notamment, un déplacement d'air important est ainsi provoqué. Si on envisage en effet un moteur de 40 chevaux dont les diamètre et course de piston seraient respectivement :

$$D = 350 \text{ millimètres}$$
$$C = 550 \quad »$$

on voit que chaque course du piston occasionnerait un déplacement d'air d'un cube d'environ 53 litres dont l'effet peut être doublé parce qu'il faut tenir compte de ce que la course en avant produit par rapport au milieu ambiant un refoulement d'air, tandis que la course en arrière produit une aspiration.

Le mouvement est d'autant plus sensible que la salle dans laquelle est installé le moteur est plus petite. Si on suppose celle-ci d'environ 3 mètres sur 5 mètres et d'une hauteur de 2,50 mètres, le cube sera de 37,5 mètres. On en déduira que les 53 litres, dans le cas qui nous occupe, alternativement déplacés 6 fois par seconde, correspondent à 300 litres environ déplacés à courts intervalles et à une vitesse moyenne de plus de 3 mètres à la seconde.

Les vibrations de cette nature qui peuvent se transmettre dans les couloirs ou dans les pièces contiguës sont seules dues au déplacement de l'air.

Pour les installations où la prise d'air du moteur se fait dans le local même, il s'établit une certaine compensation lors de la période d'aspiration entre la quantité d'air refoulée par le mouve-

ment en avant du piston et la quantité d'air aspirée dans le cylindre. Il en résulte que les vibrations dues au mouvement de l'air sont moins sensibles et ne se manifestent qu'une fois pour deux tours du moteur.

Ce phénomène spécial est très manifeste dans les magasins exigus où l'on installe un moteur près des vitrines ; on constate que celles-ci, grâce à l'élasticité du verre, sont animées d'un mouvement vibratoire correspondant à la moitié du nombre de tours du moteur. Il résulte de ce qui précède, que pour remédier aux vibrations produites par le mouvement d'air dû aux phénomènes d'aspiration et de refoulement que causent dans une enceinte fermée les déplacements du piston d'un moteur, il faut ménager de larges issues vers l'extérieur ou, au besoin, y provoquer un mouvement d'air à l'aide d'un ventilateur.'

Nous terminerons ce chapitre en recommandant d'isoler les fondations elles-mêmes du sol et des murs qu'elles devraient traverser, les tuyauteries en général et celle de l'échappement en particulier ; car étant en métal, elles sont bonnes conductrices du son et susceptibles de répercuter, bien au-delà du moteur, le bruit de ses organes en mouvement.

Bruits. — Parmi les bruits les plus difficiles à atténuer se trouve celui venant de l'échappement ; c'est lui qui révèle l'existence des moteurs par le fait même qu'il se propage à l'extérieur des locaux à l'orifice du tuyau d'échappement.

Le moyen le plus usité pour le rendre moins perceptible, consiste à prolonger le tuyau le plus haut possible et même à hauteur des toits. C'est là un moyen facile, mais qui nuit considérablement au bon fonctionnement du moteur ; il en réduit la force et en augmente la consommation comme nous l'examinerons en détail dans un paragraphe spécial.

L'usage des vases d'expansion, plus communément appelés pots d'échappement, atténue assez bien le bruit de l'explosion et le réduit sensiblement par l'emploi de 2 à 3 vases successifs. Mais ce remède entraîne avec lui, au point de vue du moteur, les mêmes inconvénients que les conduites de longueur exagérée.

Pour concilier les choses, il faut autant que possible faire usage

d'un pot unique installé près de la sortie du moteur dans la salle de machine même où il y a avantage à localiser le bruit.

L'adoption de tuyaux de section suffisante, formant par eux-mêmes vase d'expansion, achèvera de rendre l'échappement plus silencieux et on arrivera à se rapprocher encore de la solution en faisant déboucher le tuyau d'échappement à la sortie du pot dans une cuve en maçonnerie d'une contenance égale à une dizaine de fois celle du cylindre du moteur (fig. 56).

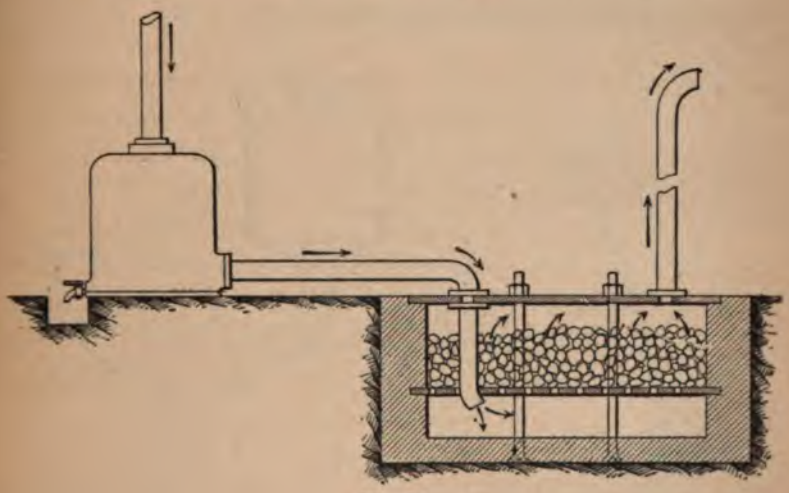


Fig. 56

Cette cuve sera divisée en deux parties séparées par une grille en fer; dans la partie inférieure restant vide, débouchera le tuyau d'échappement; dans la partie supérieure, on chargera des pavés ou pierres dures qui ne soient pas susceptibles de s'effriter par la chaleur.

Entre cette couche de pierres et le couvercle supérieur, il sera bon de laisser un vide où les gaz achèveront de se détendre après s'être laminés en passant dans les intervalles du tas de pierres.

Il faudra toutefois éviter de fermer la cuve à l'aide d'un couvercle rigide, car si le moyen est efficace au point de vue de l'étouffement du bruit, il présente certains inconvénients.

Il se peut que dans un moteur mal réglé des charges de gaz non enflammées dans le moteur soient envoyées dans cette cuve et y

constituent un mélange détonnant auquel mettrait le feu une explosion suivante. Il en résulterait une détonnation qui pourrait occasionner des dégats. Elle serait néanmoins moins dangereuse que bruyante. Soit dit en passant, cet inconvénient se présente plus rarement dans les moteurs à pétrole.

Une seconde disposition consiste à surmonter l'extrémité du tube d'échappement d'une caisse de dimension convenable qu'on cloisonnera à l'aide de plusieurs chicanes percées de trous. On fera de préférence cette caisse en bois garni de métal intérieurement de façon à l'empêcher d'être résonnante.

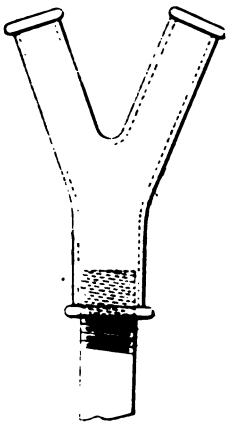


Fig. 57

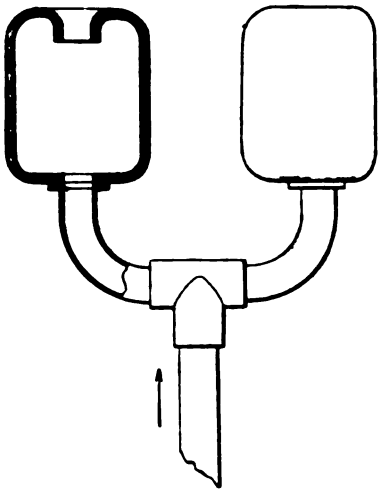


Fig. 58

Les dimensions de cette caisse, le nombre de cloisons, de trous et la manière de les disposer, contribuent presque essentiellement à l'obtention du résultat, et ici encore la pratique du spécialiste interviendrait utilement.

Diverses autres dispositions sont encore, suivant les cas, employées avec succès, notamment celles qui consistent à bifurquer la conduite à son extrémité, soit sous forme de *culotte* (fig. 57), soit sous forme d'une double courbe dont chaque branche se termine par un vase d'expansion (fig. 58).

Il y a lieu de remarquer que dans les conditions ordinaires, les bruits qui se traduisent sous forme de sifflements sont souvent

causés par la présence de parties saillantes ou de déformations dans les tuyaux, surtout dans le voisinage de l'orifice de sortie. On évitera donc en raccordant les tuyaux, qu'aucun joint ou bavure ne forme de saillie intérieure.

Parfois aussi, on peut injecter de l'eau dans la conduite d'échappement le plus près possible du moteur afin d'y produire la condensation des vapeurs de l'échappement, ce qui a pour effet d'amortir le bruit; mais ce moyen, pour être vraiment efficace doit être appliqué avec discernement.

CHAPITRE V

—

CIRCULATION D'EAU

La circulation d'eau dans les moteurs à explosions est un des éléments essentiels de leur bon et régulier fonctionnement. Elle contribue beaucoup plus qu'on ne le suppose communément à la marche économique des moteurs.

Deux cas spéciaux se présentent : Celui où l'enveloppe du moteur est alimentée d'eau courante et celui où l'on fait usage, soit de réservoirs dans lesquels la circulation s'opère par simple différence de densité, dans un dispositif en thermo-siphon, soit de réfrigérants.

Circulation à eau perdue. — Le cas de la circulation d'eau par une source d'eau courante, telle l'eau de distribution des villes, donne certainement le moyen de refroidissement le plus efficace et le plus facile à régler, mais il est le moins répandu par le fait même du prix de l'eau qui se consomme ainsi en pure perte.

Quand on emploiera l'eau courante on disposera toujours la sortie de l'enveloppe de telle façon que l'eau jaillisse immédiatement à la sortie du cylindre et que le débit soit visible et accessible pour qu'il soit facile d'en contrôler la température à la main.

Indépendamment de l'inconvénient résultant du prix relativement élevé des eaux de distribution des villes, leur emploi présente un inconvénient plus sérieux qui résulte de leur composition chimique.

En effet, tout en étant claires et limpides, ces eaux contiennent très souvent des sels calcaires, carbonates, sulfates et silicates qui se précipitent grâce aux brusques changements de tempéra-

ture qu'éprouve l'eau entrant dans l'enveloppe du cylindre, au contact des parois de celui-ci. La partie de l'enveloppe d'eau entourant la culasse ou chambre d'explosion, où la température est nécessairement la plus élevée, arrive ainsi à se tapisser littéralement d'incrustations calcaires dont l'effet est des plus pernicieux au point de vue du refroidissement, parce que ces incrustations sont mauvaises conductrices de la chaleur par elles-mêmes et qu'elles finissent par réduire, voire même obstruer le passage utile de l'eau précisément à l'endroit où la circulation devrait être la plus efficace.

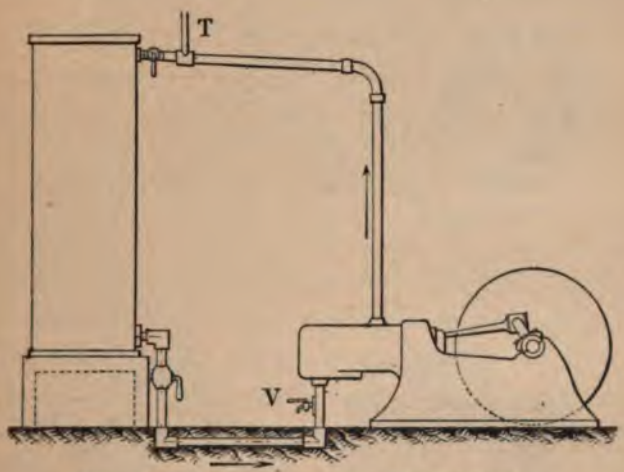


Fig. 59. — Refroidissement par thermo-siphon.

Dans le cas où l'eau de circulation serait amenée par une pompe, si on a le choix, on prendra de préférence l'eau d'une citerne comme étant la moins susceptible de contenir des sels calcaires en suspension.

Si on emploie l'eau de rivière, on s'assurera qu'elle n'a pas le défaut cité plus haut, en tout cas plus grave que la présence des boues qu'elle contient parfois. Il sera, en effet, facile d'éliminer de l'enveloppe les dépôts non adhérents de cette nature par des purges périodiques à l'aide d'un robinet convenablement placé.

Il sera toujours utile au préalable de faire passer l'eau dans un réservoir où elle pourra se décanter avant de se rendre au cylindre.

Dans le cas que nous venons d'examiner, l'eau a habituellement une température de 12 à 15° et dans ces conditions, il sera utile de prévoir un débit correspondant à au moins 25 litres d'eau par cheval et par heure qui amènera à la sortie du cylindre une température de 60 à 70° qu'on évitera de dépasser.

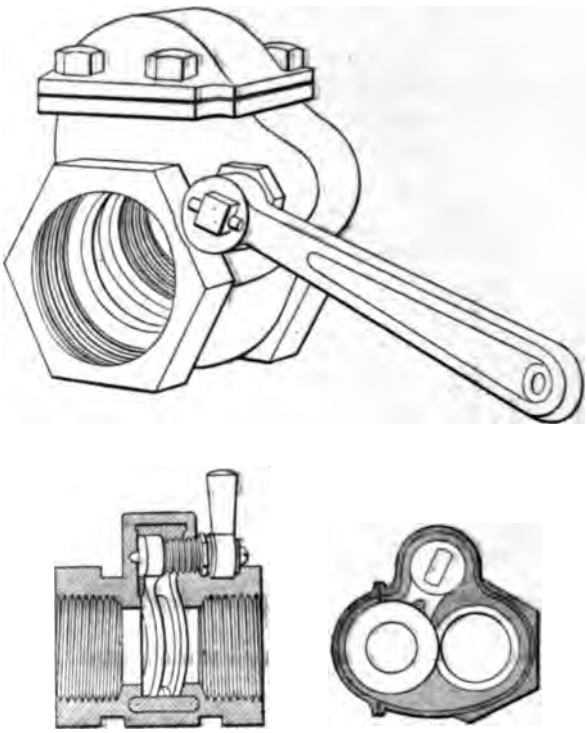


Fig. 60. — Robinet-Vanne.

Cependant pour les moteurs à compression élevée on ne dépassera pas 40 à 50° centigrades.

Dans le cas de la circulation d'eau à l'aide de réservoirs il faudra, pour que celle-ci se fasse librement, tenir compte des recommandations suivantes :

Dans les moteurs horizontaux l'arrivée d'eau se fait toujours dans le bas du cylindre tandis que la sortie part du haut.

Un robinet placé sur la conduite d'arrivée d'eau au cylindre permettra d'en régler la circulation en raison du travail du

moteur. Un autre robinet placé à l'extrémité de la conduite de départ, à proximité du réservoir, servira avec le précédent à intercepter la circulation de l'eau. En cas de gelée ou de réparations au moteur, on pourra fermer ces deux robinets et vider la conduite et l'enveloppe du cylindre à l'aide du robinet de vidange V (fig. 59) placé à l'entrée de l'enveloppe du moteur. Afin que la pression atmosphérique ne s'oppose pas à l'écoulement de l'eau on munira la partie la plus élevée du tuyau d'un petit tube (T) ouvert à l'air libre. Par suite de l'importance que présente la suppression des pertes de charge dans les conduites, nous recommandons l'emploi de robinets-vannes du modèle représenté par la figure 60 au lieu de robinets à cônes et boisseaux du type courant.

Réservoirs. — Les réservoirs seront montés de façon à ce que leur base soit au moins à hauteur du cylindre du moteur, et ils seront placés, autant que possible, dans le voisinage de celui-ci pour éviter les longues conduites d'arrivée et de retour d'eau.

Cette considération ne fera pas conclure à l'utilité de les monter dans la salle des machines, car cet emplacement présenterait le double inconvénient de ne pas permettre un refroidissement assez rapide de l'eau de circulation par suite de la haute température ambiante et de plus, d'entraîner la formation de vapeurs ou buées qui nuiraient à l'entretien du moteur.

Les réservoirs seront donc placés dans un endroit aussi frais que possible, de préférence même à l'extérieur, où il n'auraient du reste à craindre la gelée qu'après un chômage prolongé. On s'abstiendra soigneusement de les recouvrir, de façon à ne pas empêcher le refroidissement par le libre dégagement de la vapeur d'eau qui se forme à la surface.

La circulation étant due au seul phénomène de différence de densité entre l'eau plus chaude sortant du cylindre et l'eau plus froide qui y rentre, venant des réservoirs, le moindre obstacle nuirait à son mouvement.

On évitera donc rigoureusement de réduire la section des tuyaux au dessous des dimensions des orifices d'entrée et de sortie ménagés au cylindre du moteur. On observera qu'une

bonne circulation n'est possible que si elle n'est pas contrari par des contrepentes ou des résistances quelconques dans l tuyaux. A cet effet, on renoncera à l'emploi de coudes auxqu

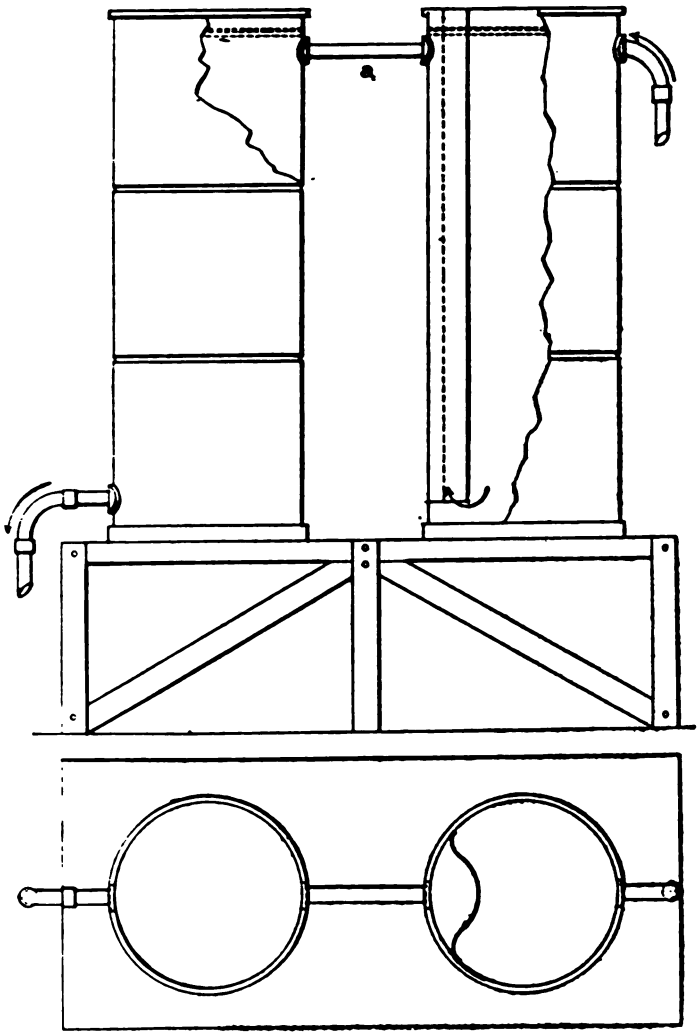


Fig. 61. — Raccordement rationnel de Réservoirs

on substituera de préférence les courbes douces et allongées d on limitera le nombre au strict minimum, particulièrement p la conduite de retour, c'est-à-dire pour celle qui part du cylin pour aller vers les réservoirs.

Pour cette dernière conduite, on tiendra compte d'une inclinaison minimum de 10 à 15 % pour que l'eau y suive un chemin ascendant vers les réservoirs ; ceux-ci devront toujours être remplis de telle façon que leur niveau d'eau soit de 5 à 10 centimètres au-dessus de l'orifice de retour.

Pour maintenir ce niveau, il sera même prudent de disposer, pour remplir les réservoirs, un moyen d'alimentation automatique, tel qu'un robinet à flotteur, et dans ce cas il sera prudent d'établir un tuyau de trop-plein.

En ce qui concerne les dimensions des réservoirs, il faut les prévoir en tenant compte de ce que le moteur doit pouvoir, sans perturbation, fonctionner au maximum de sa charge pendant plusieurs heures consécutives. Dans ces conditions nous conseillons de donner aux réservoirs une capacité de 200 à 250 litres par cheval pour les moteurs réglant par tout ou rien et de 250 à 300 litres pour ceux qui règlent par admission variable.

Pour les moteurs de moins de 10 à 15 chevaux il est utile de majorer la contenance des réservoirs de 20 à 30 %.

Il est bon de ne pas employer de réservoirs contenant plus de 1 500 à 2 000 litres, le diamètre usuel étant alors de 0m,90 à 0m,93.

Dans le cas où la puissance du moteur implique l'emploi de plusieurs réservoirs, ceux-ci doivent être reliés entre eux de telle façon que le bas du premier communique avec le haut du deuxième et ainsi de suite si l'on désigne par premier celui qui reçoit l'eau chaude venant du moteur (fig. 61).

Le raccordement des réservoirs entre eux par un tube unique dans le haut (a) est vicieux et le raccordement simultané par le bas et le haut (a et b) est inopérant au point de vue de l'un des réservoirs (fig. 62).

Les réservoirs constituent de véritables thermo-siphons. Il faut donc que la circulation de l'eau s'y opère de manière méthodique, c'est-à-dire, que l'eau la plus chaude arrivant du moteur dans le haut du premier réservoir, par exemple à 40°, descende dans le bas de ce réservoir refroidie à 30° pour être de là sollicitée à une température sensiblement égale à 30° vers le haut du deuxième réservoir ; celui-ci contribue à produire une nouvelle chute de

température de 10°, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'eau atteigne la température minimum à laquelle elle retourne au cylindre du moteur.

Plusieurs modes de liaisons entre réservoirs satisfont à cette condition. Le plus communément employé est celui qui consiste, comme l'indique la figure 63, à relier les réservoirs par des tuyaux obliques. Mais cette disposition est assez onéreuse à réaliser et elle présente l'inconvénient de donner lieu à des pertes de charge résultant des coudes employés aux assemblages; elle ralentit donc la circulation.

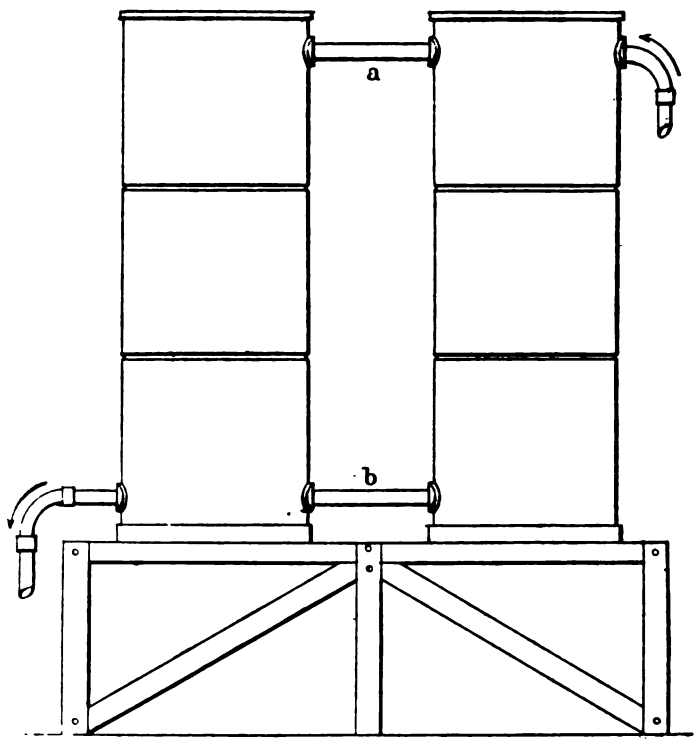


Fig. 62. — Raccordement défectueux.

Un assemblage moins encombrant, plus simple et plus efficace consiste à relier les réservoirs par une simple tubulure dans le haut. Mais il faut prendre soin de prolonger cette tubulure à son arrivée dans le réservoir contigu par un tube plongeur, ou de la

faire déboucher dans une chambre isolée par une simple cloison ouverte dans le bas (fig. 61).

Pour éviter les incrustations dans l'enveloppe du cylindre, on versera mensuellement un kilogramme de sel de soude par mètre cube de contenance des réservoirs et on effectuera des vidanges d'eau hebdomadaires par un robinet *ad hoc* à monter dans le voisinage du cylindre (fig. 59).

On éliminera ainsi de l'enveloppe les sédiments calcaires dont le sel de soude aurait empêché l'adhérence à la fonte.

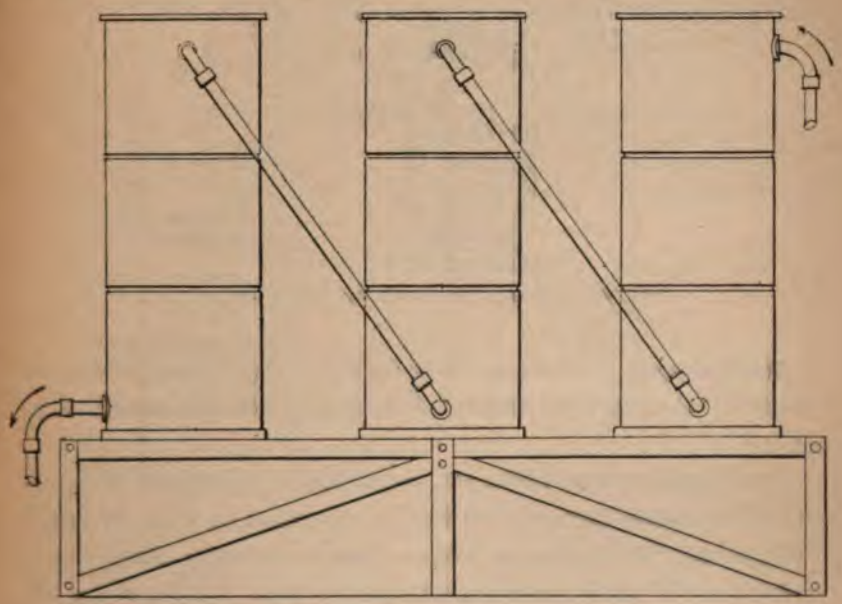


Fig. 63. — Raccordement par tuyaux obliques.

Le robinet de purge dont nous venons de parler servira, de même, à vider l'enveloppe du cylindre en cas de froidintense ou persistant qui ne manquerait pas de congeler l'eau de l'enveloppe et de provoquer des fissures dans le cylindre ou dans les tuyaux.

En vue de régler la circulation de l'eau en fonction du travail que fait le moteur, on montera toujours sur la conduite d'entrée d'eau un robinet à un endroit accessible.

Quand les moteurs sont, par leur destination, exposés à un travail intensif à pleine charge et pendant longtemps, le refroidissement par thermo-siphon devient souvent insuffisant.

Dans ce cas, on activera la circulation de l'eau à l'aide d'une petite pompe rotative ou à piston, actionnée par le moteur même, et en disposant la conduite avec une dérivation munie d'une vanne, ce qui permettra de rétablir la circulation naturelle, en cas d'accident à la pompe (fig. 64).

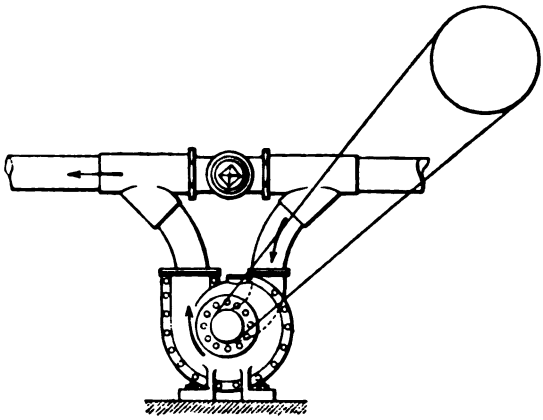


Fig. 64. — Pompe de circulation avec « by-pass ».

Réfrigérants. — Pour refroidir l'eau, on emploiera utilement le dispositif ci-contre qui présente l'avantage d'être peu encombrant (fig. 65).

Il est formé d'une bâche (B) surmonté d'une étagère (E) composée de châssis auxquels on fixe à écartement de 30 à 60 centimètres, des fers ronds, de façon à former plusieurs claies superposées de 50 ou 75 centimètres d'écartement. Sur ces claies on place des fascines menues.

L'eau froide, prise dans le bas de la bâche, est refoulée par la pompe (P) dans l'enveloppe du cylindre d'où elle sort chaude par le tube (T), lequel se termine par un égouttoir (G) formé de tubes assemblés les uns aux autres et percés d'une quantité suffisante de trous pour répandre l'eau en gouttelettes multiples sur l'étagère. Cette eau ainsi divisée descend d'une claie à l'autre, en étant retardée dans sa chute par les fascines. Elle arrive ainsi très refroidie dans la bâche d'où elle retourne au moteur.

Les fascines en rameaux de bouleau conviennent particulièrement à cause de leur ténuité.

Il faudra protéger soigneusement par une toile métallique la sortie de la bâche par laquelle des branchages ou autres corps étrangers pourraient s'introduire et être entraînés dans la pompe.

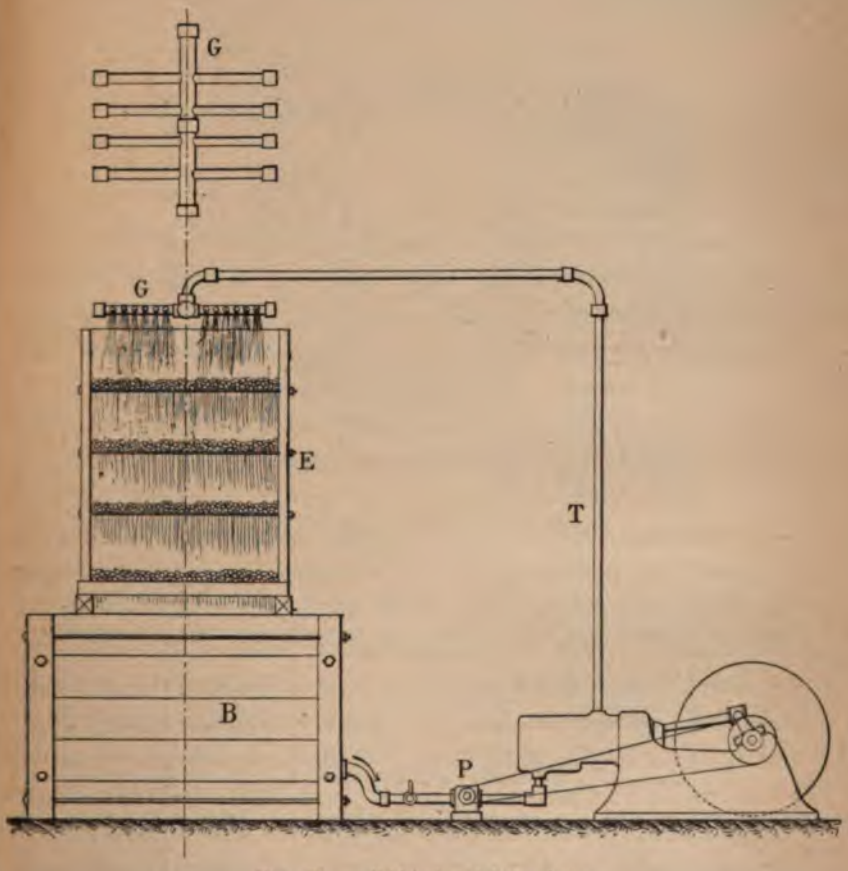


Fig. 65. — Réfrigérant à fascines.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les dimensions propres à assurer le bon fonctionnement de cet appareil qu'on peut faire exécuter en bois ou en fer.

On donnera à la base de l'étagère de 25 à 30 centimètres de largeur de moins que la bâche, de façon à ce que l'eau ne tombe pas à côté de celle-ci.

Les dimensions de ces appareils pourront encore être considérablement réduites en les disposant sous forme de caisson fermé, muni d'un jeu de chicanes et dans la base duquel, à l'aide d'un ventilateur, on pourra insuffler de l'air pour activer le refroidissement (fig. 66).

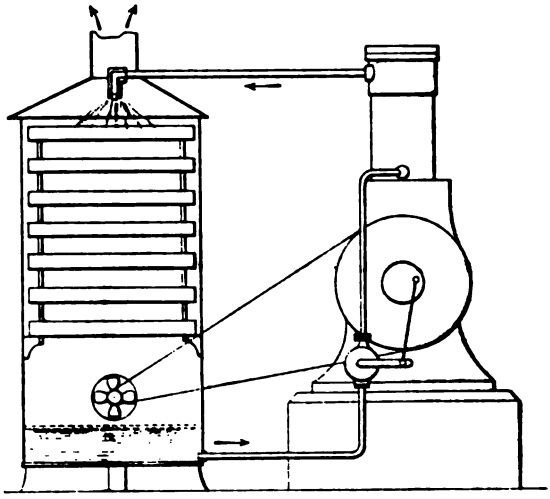


Fig. 66. — Réfrigérant à ventilateur.

Tableau des dimensions des réfrigérants à fascines (*fig.* 63)

Force en chevaux	Contenance en litres	Bache		Etagère Hauteur en mètres	Pompe Débit par min. en litres
		Base en mètres	Hauteur en mètres		
30	3 000	1,5 × 1,5	1,35	2,00	60
40	4 400	1,7 × 1,7	1,70	2,25	80
50	6 000	1,75 × 1,75	1,95	2,50	150
75	10 000	2,00 × 2,00	2,50	2,75	160
100	14 000	2,25 × 2,75	2,75	2,75	200

CHAPITRE VI

—

GRAISSAGE ET LUBRIFICATION

Le graissage des moteurs à gaz est une question qui mérite d'attirer l'attention des industriels. Elle est d'une importance capitale en ce qui concerne le piston. Celui-ci, en effet, fonctionne dans des conditions toutes spéciales ; il présente une grande surface à lubrifier, il est animé d'une grande vitesse linéaire et de plus, il est exposé à des températures élevées qui se concilient mal avec une bonne lubrification si l'on ne prend pas les précautions voulues.

Le piston est l'organe essentiel du moteur. C'est de son étanchéité que dépend le maintien de la compression convenable et par conséquent de la force et de la consommation économique.

A mesure que dans son mouvement en avant il s'écarte de la chambre d'explosion, il découvre la surface frottante qui constitue la paroi intérieure du cylindre. Cette surface est donc régulièrement en contact, après chaque explosion, avec les gaz enflammés qui se détendent.

L'huile qui recouvre la paroi est, par le fait, constamment exposée à de hautes températures qui tendent à la volatiliser et à la brûler.

La première condition à réaliser pour effectuer un graissage convenable du piston est donc un débit d'huile constant et régulier.

Qualité des huiles. — On devra employer des huiles de très bonne qualité pour le piston, car l'importance d'un bon graissage est telle que la question de prix ne doit intervenir que comme

un facteur négligeable. Au surplus, l'huile qui a servi et qu'on recueille habituellement dans le creux du bâti n'est pas perdue et peut parfaitement, après filtrage, servir au graissage des coussinets, du coudé, de l'arbre latéral, etc.

L'huile pour piston devra être d'une grande pureté, exempte d'acide et composée d'hydrocarbures ne laissant aucun résidu après combustion. Les huiles minérales sont donc seules propres à cet usage et on choisira celles qui, avec le maximum de viscosité, sont susceptibles de subir les hautes températures sans se volatiliser ni s'enflammer.

Le point d'inflammation pour une bonne huile de piston ne sera pas inférieur à 280° centigrades.

Cette qualité essentielle est facile à contrôler en pratique et sans recourir aux essais de laboratoire.

Il suffit, en effet, de chauffer l'huile à essayer en la mettant dans une capsule en métal ou en faïence.

Pour avoir une température uniforme on la protégera contre la flamme directe par l'interposition d'une toile métallique ou d'une couche de sable sec. Dès que des gaz se dégageront on présentera une allumette en feu et quand ils s'enflammeront on lira sur le thermomètre, préalablement baigné dans l'huile, la température correspondant au point d'inflammation.

Pour le graissage des cylindres l'huile minérale d'origine américaine est préférable à celle d'origine russe.

On choisira une qualité dont la densité est comprise entre 0,886 et 0,889 à 17° centigrades. Pour cette qualité l'évaporation commence à environ 185°, l'inflammation se produit à 280° et le point de combustibilité complète est de 330 à 340°. Cette huile se solidifie à + 1 ou + 5° centigrades, sa couleur est jaune rougeâtre avec fluorescence verdâtre ; son degré de viscosité par rapport à l'eau est compris entre 11,5 et 12,5 à la température de 50 centigrades.

Avant de réemployer pour les autres organes l'huile ayant servi au piston, il faut la filtrer, ne fût-ce que pour en éliminer les particules lourdes ou les corps étrangers tels que poussières et cambouis qui pourraient s'y être mêlés.

Le pivot de piston et la tête de bielle seront de préférence

graissés à l'aide d'huile fraîche, parce que ces organes étant en mouvement, leur surveillance est plus difficile et le contrôle du graissage plus aléatoire. Une bonne huile minérale industrielle de qualité courante donnera satisfaction.

Pour donner idée de l'importance que présente l'emploi d'une bonne huile pour le cylindre et de la manière dont on réalise le graissage, nous ajouterons que des expériences personnelles nous ont fréquemment fait constater des déchets de 10 à 15 % dans la force des moteurs mal graissés.

Types de graisseurs. — Parmi les dispositifs les plus communément employés pour le graissage automatique du cylindre, nous signalerons le graisseur anglais du genre représenté à la figure 67 qui est simplement mu par une courroie commandée par l'arbre intermédiaire et qui fait tourner à une vitesse très lente la poulie (P), fixée sur l'axe (*a*) de l'appareil.

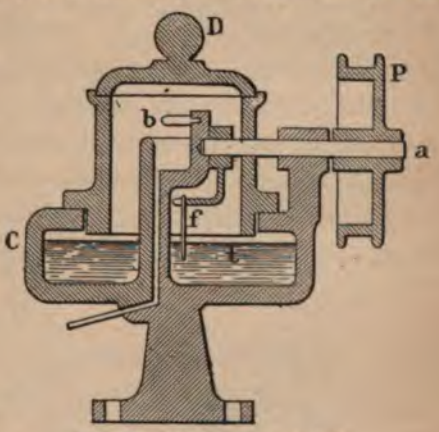


Fig. 67. — Graisseur anglais.

Cet axe porte à son extrémité une petite manivelle à laquelle est suspendue librement une tringle en fer (*f*) qui trempe dans le bain d'huile que contient la cuvette (C) du graisseur. Quand l'axe (*a*) tourne, cette tringle ramasse en passant dans le bain une certaine quantité d'huile qu'elle abandonne en passant sur la broche (*b*) et qui s'écoule par le tuyau de sortie débouchant dans le bas du graisseur pour se rendre au cylindre. L'ensemble est fermé par un couvercle (D) qu'il est facile d'enlever pour vérifier le contenu de l'appareil.

Celui-ci, néanmoins, ne donne pas un débit absolument régulier.

Beaucoup d'autres systèmes sont appliqués qui présentent, mieux que celui décrit, l'avantage de permettre le règlage du débit.

De petites pompes foulantes sont aussi fréquemment employées

comme graisseurs de cylindres ; quel qu'en soit le système il faudra donner la préférence à celui dont le débit est visible (fig. 68).

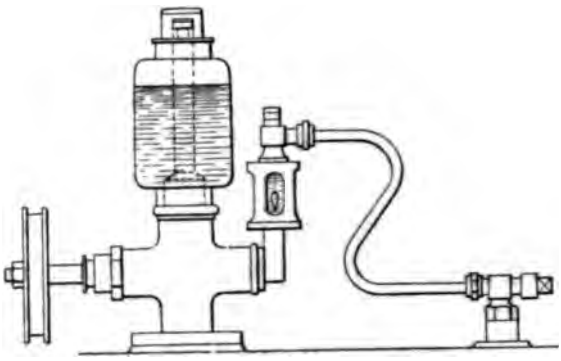


Fig. 68. — Graisseur-pompe à débit visible.

Le débit d'huile sous pression assure un graissage plus constant du cylindre, aussi préconise-t-on beaucoup ces appareils aujourd'hui, pour les moteurs importants. Il sera bon d'ajouter à l'eau qui remplit le dispositif à débit visible, un peu de sel qui a pour effet de permettre à la goutte d'huile de se détacher facilement de l'ajutage.

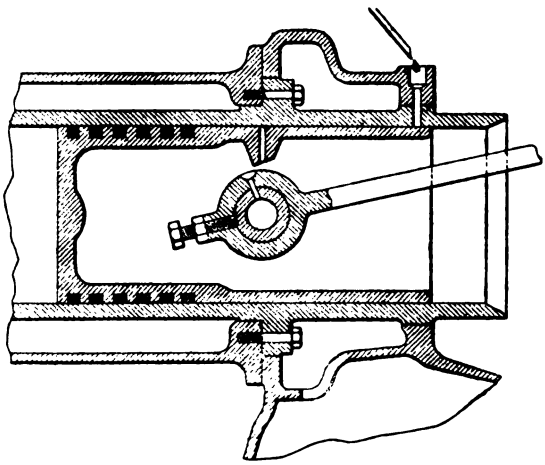


Fig. 69. — Graissage du piston et du pied de bielle.

Ces graisseurs à pompe sont munis de petits clapets de retenue à la sortie de l'appareil, comme à l'entrée du cylindre. Le bon fonctionnement des graisseurs sous pression implique la nécessité

l'en vérifier et d'en roder régulièrement les clapets et les soupapes de retenue.

Le graissage de l'arbre coudé et des deux têtes de bielle mérite aussi toute attention ; on choisira plutôt les dispositifs d'un effet assuré qui ne nécessitent pas l'arrêt du moteur pour procéder au graissage.

Le pied de la bielle relié au piston est généralement graissé par l'huile de graissage du cylindre dont une partie s'écoule par un tube placé à l'endroit voulu au travers de la paroi du piston (fig. 69).

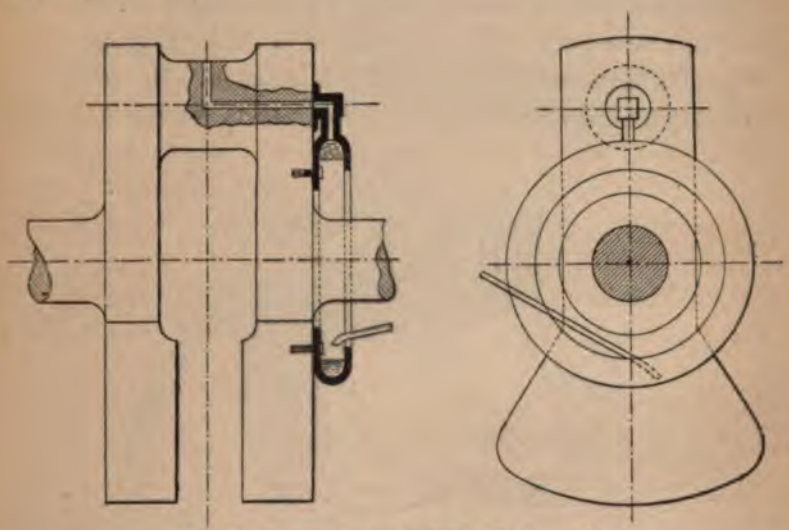


Fig. 70. — Graissage du maneton du coudé.

Mais si cette disposition suffit pour les petits moteurs, elle ne présente pas assez de sécurité pour les machines importantes et il y aura lieu de préconiser l'emploi d'un graissage indépendant se faisant, soit par un lécheur placé à l'avant du cylindre, ou encore par un graisseur fixé à la bielle et qui alimentera le bouton d'huile spéciale à l'aide d'un petit tube (fig. 21).

La tête de bielle reliée au coudé nécessite un graissage tout aussi parfait, étant donnée l'importance du travail qu'elle transmet, voire même les chocs brusques auxquels elle est soumise à chaque explosion.

Le système qui paraît donner le plus de satisfaction est celui que

représente la figure 70. Il consiste en un anneau creux fixé à la flasque du coudé et qui tourne concentriquement à son axe ; cet anneau est relié par une tubulure prolongée en canal dans le coudé et vient déboucher à la surface du maneton à l'intérieur du coussinet de la tête de bielle.

Un graisseur à débit visible et réglable conduit l'huile par un tube approprié jusque dans le creux de l'anneau. Celui-ci tournant avec l'arbre maintient l'huile dans la périphérie du creux et la débite constamment dans la tête de bielle par le canal précité.

Les paliers du coudé sont plus faciles à lubrifier et parmi les dispositions les plus usitées donnant entièrement satisfaction, se trouve, notamment, celle de la figure 71 où la 1/2 coupe indique un petit tube partant du coussinet et débouchant à l'intérieur d'une cuvette ou réservoir d'huile venu de fonte du couvercle du palier.

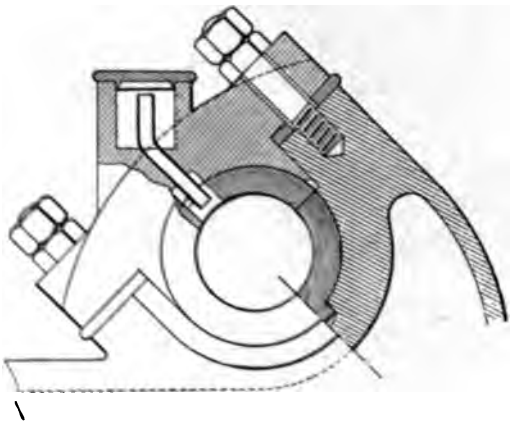


Fig. 71. — Palier-graisseur à mèche.

On remplit ce réservoir jusqu'au niveau de l'orifice du tube et on y introduit, fixée à un petit fil de fer, une mèche en coton qu'on engage aussi profondément que possible dans le tube, tout en laissant dépasser une certaine quantité de la mèche dans le réservoir.

Celle-ci opère à la manière d'un syphon et par capillarité elle alimente le coussinet d'une façon constante. On peut régler la quantité d'huile d'après l'épaisseur de la mèche.

A l'arrêt du moteur, il faudra retirer la mèche pour empêcher l'alimentation de se continuer inutilement. Des graisseurs en

re à débit visible et avec soupape d'arrêt se placent souvent si sur les coudés, ils sont plus propres à manier et plus faciles égler.

Cependant, de tous les graisseurs pour paliers, ceux qui sont plus à recommander sont ceux dits à bague tournante (fig. 72), ais ils nécessitent des paliers d'une certaine argeur et une dispo- ition spéciale de coussinets qui en rend l'application plus onéreuse.

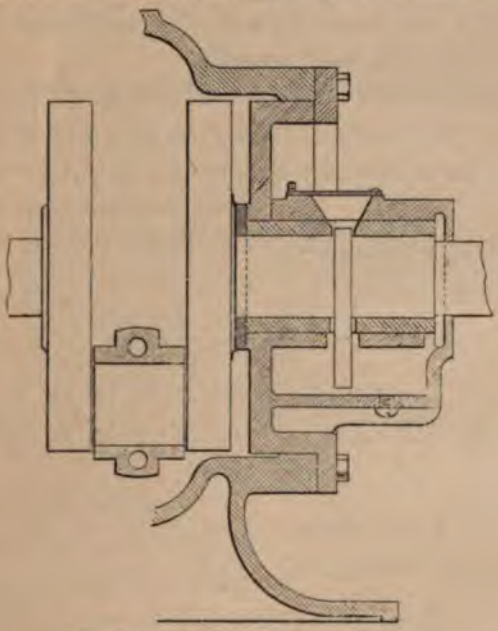


Fig. 72. -- Palier-graisseur à bague.

Aussi le système n'est-il exigible que pour les moteurs à partir d'une vingtaine de chevaux. Ce système étant appliqué d'une façon exclusive aux arbres de dynamos, nous ne le décrirons pas en détail et nous nous bornerons à rappeler qu'il est formé, comme son nom l'indique, d'une bague en métal, tournée à un diamètre plus grand que la partie de l'arbre à laquelle elle est suspendue et qui l'entraîne dans un mouvement rotatif. La partie inférieure de la bague plongeant dans un bain d'huile en transporte continuellement une certaine quantité sur l'arbre à graisser. Les paliers à bague doivent être munis d'un bouchon de vidange et d'un tube en verre qui permette de contrôler le niveau de l'huile.

Beaucoup de constructeurs ont appliqué avec raison un moyen de graissage pour les tiges de soupapes et spécialement pour celle de la soupape d'échappement.

Il consiste en un petit tube recourbé dans le sens convenable et qui vient déboucher dans le guide de la tige : l'extrémité libre porte un bouchon. Il est utile d'y introduire une ou deux fois par jour quelques gouttes de pétrole.

Le graissage d'un moteur entraine certains inconvénients auxquels il est facile de porter remède.

L'un d'eux consiste dans les projections d'huile produites par la tête de bielle. Pour que l'huile projetée puisse être recueillie dans le bâti du moteur, on dispose généralement une tôle convenablement recourbée au-dessus du coudé. Un inconvénient plus grave se présente quand l'huile d'un des paliers du coudé s'épand sur celui-ci, gagne le moyeu du volant, et de là, grâce à la force centrifuge, est portée à la périphérie.

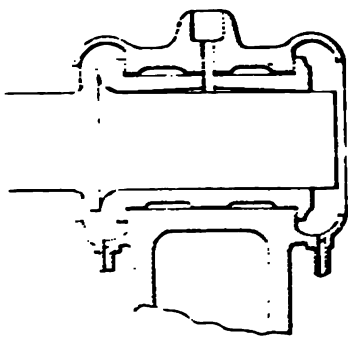


Fig. 73. — Arbre avec larmier.

Non seulement elle est ainsi projetée contre les murs de la salle des machines, mais elle nuit à l'adhérence de la courroie si le volant est employé comme poulie.

Pour obvier à cet inconvénient, on empêche l'huile de s'épandre le long de l'arbre en ménageant dans la partie de l'arbre située vers l'intérieur du palier une ornière circulaire, ou une saillie communément appelée « larmier » (fig. 73).

La question du graissage devient particulièrement importante quand il s'agit de moteurs qui doivent fournir un travail de plusieurs jours consécutifs sans arrêt. Tel est le cas pour les moteurs appliqués dans les meuneries, dans les malteries pour la ventilation des tourailles, etc., etc.

On prendra soin alors d'employer soit des graisseurs à grand volume, soit des graisseurs qui puissent être remplis facilement sans nécessiter l'arrêt du moteur.

CHAPITRE VII

—

CONDITIONS DE BONNE MARCHE D'UN MOTEUR

Entretien général. — Dans les moteurs à gaz, l'état de propreté même des pièces dont le rôle est secondaire doit être considéré comme indispensable.

Les surfaces non peintes, mais polies, telles que l'arbre moteur, l'arbre des cames de distribution, les leviers, la bielle, etc. seront parfaitement maintenus comme à l'état neuf, et l'absence de toute trace de rouille ou de vétusté sur ces pièces constituera par elle-même une garantie du bon entretien des organes actifs non apparents, tels que le piston, les soupapes, le dispositif d'allumage, etc.

Graissage. — Le moteur à gaz doit avoir des surfaces frottantes parfaitement propres et régulièrement graissées ; l'absence de jeu dans les coussinets, guidages ou connexions, a une influence particulière non seulement sur la marche douce et silencieuse, mais encore sur la force et la consommation. Ainsi que nous l'avons examiné au chapitre des huiles, on prendra une qualité spéciale qui servira exclusivement à la lubrification du cylindre.

On réglera le débit du graisseur de cet organe vital de la machine de façon qu'il corresponde le plus exactement possible à ses besoins.

Nous verrons dans l'article où nous discuterons les défauts de fonctionnement comment un excès ou un manque de graissage présentent aussi bien l'un que l'autre de graves inconvénients.

Étanchéité du cylindre. — Un des principaux éléments de la force développée par le moteur réside dans la compression du mélange tonnant et c'est d'une bonne compression que dépend en général la marche économique du moteur.

Il faut donc veiller à ce que cette compression soit maintenue par le bon état d'entretien des organes qui doit assurer l'étanchéité du cylindre.

Ces organes sont : le piston, les soupapes et leurs joints ainsi que le dispositif d'allumage : tube incandescent, bougie électrique ou contact d'appareils électro-magnétiques.

Le cylindre, pour rester étanche, devra être à l'abri de toute usure des cercles ou segments et il est très important que la surface du piston et celle du cylindre soient bien polies et dépourvues de toutes trace de grippage.

Lors des nettoyages, notamment, on évitera l'emploi de papier d'émeri ou de poudre à rôder dont la moindre parcelle subsistant entre les surfaces en contact ne manquerait pas d'altérer leur bon état et de nuire à l'étanchéité.

Il sera bon, afin de bien éliminer le cambouis qui peut faire coller les segments dans leur rainure, de les laver avec du pétrole de même que les autres parties de l'intérieur du cylindre où des résidus d'huile brûlée tenderaient à adhérer.

Rodage des soupapes. — Les soupapes seront régulièrement rodées et même, dans les cas spéciaux où celles-ci ne présenteraient pas de traces d'usure rapide, on ne manquera pas, par principe, de les démonter au moins tous les mois.

Afin d'éviter tout accident, on doit strictement s'abstenir, lorsqu'on vérifiera les soupapes, après avoir déboulonné leur couvercle, d'introduire une bougie ou une allumette enflammées dans les chambres des soupapes ou dans le cylindre, avant de s'être assuré de ce que le robinet de gaz est bien fermé. De plus on fera faire quelques tours à vide au moteur afin de bien évacuer les mélanges détonnants qui pourraient subsister dans le cylindre ou ses annexes.

La soupape d'échappement, à cause de la haute température à laquelle sont soumis le disque et le siège, sera l'objet de soins

spéciaux ; on rodera cette soupape sur son siège tous les deux ou trois mois au moins suivant le travail du moteur.

Paliers. Têtes de bielles. — On observera la nécessité de maintenir toujours serrés à bloc les coussinets de l'arbre moteur. Le jeu que tend à prendre ceux-ci est d'autant plus important dans le moteur à gaz que les explosions brusques ont pour effet de déserrer les écrous et de précipiter l'usure des coussinets grâce aux effets de matage. De plus, le moindre jeu dans ces coussinets, de même que dans ceux des bielles, donne de l'importance aux bruits que produisent naturellement les moteurs.

Régulateur. — Le régulateur sera l'objet de soins spéciaux au point de vue de la propreté, car si son fonctionnement n'est pas libre, il devient *paresseux* et perd sa sensibilité. Si le régulateur est du système à boules ou à pendule cônique agissant sous l'action de la force centrifuge, il sera bon de graisser chaque articulation sans excès d'huile.

Pour prévenir l'accumulation et la solidification de celle-ci, il faut graisser de temps en temps le régulateur à l'aide de pétrole. Si le régulateur agit par inertie, comme c'est le cas dans beaucoup de petits moteurs réglant par *tout ou rien* il nécessite moins de soins, mais il sera bon pourtant de maintenir bien graissé le contact où se produit la butée.

Le fonctionnement de l'un et de l'autre de ces régulateurs est généralement réglé par la tension d'un ressort ou encore par un contre-poids.

Pour augmenter la vitesse du moteur, c'est-à-dire, pour augmenter le nombre d'admissions de gaz dans un temps donné, il suffira, en général, d'augmenter la tension du ressort ou l'effet du contrepoids en modifiant sa position.

Ce réglage doit pouvoir se faire en marche de façon à ce que la vitesse du moteur soit facile à changer.

Joints. — Dans la plupart des moteurs de bonne construction, les couvercles des boîtes de soupapes et autres parties susceptibles de devoir être démontées, sont fixées *métal sur métal* sans inter-

position de joints spéciaux, c'est-à-dire que les surfaces sont suffisamment jointives par elles-mêmes pour assurer une parfaite étanchéité.

Dans les moteurs qui ne sont pas dans ce cas, on emploie fréquemment des joints en amiante, notamment au couvercle de la boite de soupape d'échappement, à l'assemblage de la boîte d'aspiration, etc.

Dans les moteurs où, pour des raisons quelconques on serait exposé à devoir fréquemment défaire les couvercles, il suffira de quelques précautions pour protéger les joints et ne pas les exposer à se détériorer chaque fois qu'on les enlèvera. Dans ce but, il faudra, après les avoir préalablement trempés dans l'eau pour les amollir, les sècher à la surface et les enduire d'huile d'olive ou de lin du côté où ils doivent rester appliqués au moteur, tandis que du côté du couvercle on les saupoudrera de talc ou de plombagine. De cette façon le joint adhère d'un côté et se détache facilement de l'autre.

Pour les joints exposés à être en contact avec des gaz dans la chambre d'explosion, on évitera soigneusement qu'ils présentent aucune saillie vers l'intérieur de celle-ci, car lors de la compression, ces saillies non refroidies peuvent devenir incandescentes et contribuer à produire des inflammations prématurées dans le cylindre.

En général, quand un couvercle vient d'être fixé, on aura soin de resserrer le joint après un certain temps de marche lorsque les surfaces seront devenues bien chaudes. Il faut soigneusement éviter pour faciliter le serrage des boulons et écrous de les enduire d'huile qui, en brûlant, rendrait le desserrage difficile.

Circulation d'eau — Nous avons précédemment indiqué l'importance de la circulation d'eau et la nécessité de maintenir chaude l'enveloppe du cylindre. Comme celui-ci tend à s'échauffer d'autant plus que le moteur est plus chargé, parce que les explosions sont plus fréquentes ou plus puissantes, il y aura intérêt à régler la circulation d'eau pour l'empêcher d'être trop abondante lorsque le moteur travaillera peu, car dans ces conditions le

ndre serait froid et l'utilisation du mélange tonnant devien-ait mauvaise.

Le maintien de la température la plus convenable de l'enve-ppe (60 à 70°) est facile à réaliser en réglant la circulation en ison du travail du moteur, si on a soin de munir le tuyau entrée d'eau au cylindre d'un robinet qu'on ouvrira plus ou oins suivant les besoins.

La température de 60 à 70° centigrades que nous venons de iter, peut paraître exagérée à première vue parce qu'elle est elle que la main ne peut soutenir le contact du tuyau de sortie.

Mais il sera facile de s'assurer que le cylindre ne chauffe pas à l'excès tant qu'on pourra tenir facilement la main au dessous de l'enveloppe, c'est-à-dire dans le voisinage de l'entrée d'eau. Ceci bien entendu pour les moteurs à compression variant de 4 à 7 kilogrammes.

Pour les moteurs à compression plus élevée, il faudra marcher à une température moindre et suivre en celà les indications du constructeur.

Réglage. — Les moteurs à gaz, tout au moins ceux construits par les firmes sérieuses, sont toujours soumis à des essais au frein avant de quitter les ateliers et par conséquent réglés dans les conditions de rendement maximum.

Mais par le fait même que la nature et la qualité du gaz d'éclairage varient d'une ville à l'autre, il est facile de comprendre que tel moteur réglé pour produire une force déterminée avec un gaz d'une certaine richesse, ne réalisera plus les mêmes conditions de marche s'il est alimenté par du gaz moins riche, moins bien épuré, plus chaud, etc. L'altitude également a une influence assez importante sur le rendement des moteurs ; lorsqu'elle augmente, la densité du mélange diminue. C'est-à-dire qu'à volume égal, le moteur en aspire un poids moindre.

Il en résulte que le réglage d'un moteur à gaz doit se faire en général sur place à l'endroit même où il doit fonctionner.

Cette condition est d'autant plus importante que dans les moteurs à explosion, il suffit que l'inflammation du mélange se fasse

à 1/2 seconde près, trop tôt ou trop tard pour que l'explosion perde une partie importante de son effet utile.

Ceci nous amène à conclure à la nécessité de soumettre les moteurs à gaz à des révisions périodiques de leur réglage pour les maintenir toujours dans les conditions de fonctionnement parfait et économique. Il est même hautement à conseiller, à l'instar de ce qui se fait pour les machines à vapeur, de s'assurer de l'état de réglage des moteurs à l'aide d'appareils spéciaux tels qu'indicateurs à diagrammes et enregistreurs d'explosions qui révèlent sûrement les perturbations que tout moteur subit après quelque temps de marche.

L'usage de ces appareils et l'interprétation de leurs indications ne sont pas à la portée de la plupart des industriels qui emploient les moteurs à gaz, aussi feront-ils bien de recourir à des spécialistes dont l'intervention se traduira certainement par une économie sensible sur la consommation de gaz.

CHAPITRE VIII

—

MISE EN MARCHE D'UN MOTEUR

Précautions préliminaires — La première mesure à prendre pour procéder à la mise en marche d'un moteur fonctionnant au gaz de ville consiste naturellement à ouvrir le robinet du compteur et les robinets se trouvant éventuellement intercalés entre le compteur et le moteur.

On s'assurera de l'arrivée du gaz par le gonflement des poches en caoutchouc ou du diaphragme de l'antifluctuateur.

On ouvrira le robinet de purge de la conduite de gaz et, pour s'assurer que le gaz débité est au degré de pureté voulue, on l'enflammera à la sortie de ce robinet. On le laissera brûler jusqu'à ce que la flamme, bleue au début, devienne jaune et éclairante.

Dans les moteurs à allumage par tube incandescent on allumera le « Bunsen » et on s'assurera que la flamme entourant le tube est bien bleue. S'il y a lieu, on règlera l'admission d'air de l'ajutage en conséquence. La flamme blanche ou fuligineuse atteste toujours d'un manque d'air au « Bunsen », elle se révèle par une odeur de suie caractéristique. Elle peut être aussi produite par l'inflammation de gaz à l'ajutage.

La flamme bleue ou verdâtre est celle qui donne le maximum de température, il est donc important de l'obtenir.

Le chauffage du tube prend en général de 5 à 10 minutes suivant sa nature. On constate qu'il a atteint la température voulue lorsque sa couleur se rapproche du rouge-cerise éblouissant.

On profitera du laps de temps nécessaire à l'échauffement du tube pour vérifier le graissage du moteur.

On vérifiera si tous les godets ou réservoirs d'huile sont bien remplis, on enfoncera la mèche des graisseurs qui en sont munis et l'on contrôlera le débit des graisseurs du type compte-gouttes.

On manœuvrera les leviers de commande des soupapes pour s'assurer de ce que ces dernières retombent bien sur leur siège et on lubrifiera à l'aide de quelques gouttes de pétrole la tige de la soupape d'échappement.

Dans les moteurs à allumage électrique par piles et bobines, on s'assurera de ce que le courant passe en temps utile en produisant le contact à la touche montée sur l'arbre intermédiaire. Ce contact doit provoquer le ronflement caractéristique dû au fonctionnement de la bobine.

Si l'allumage est obtenu à l'aide d'une magnéto, cet appareil étant moins sujet à se dérégler, son examen préalable ne s'impose pas à chaque mise en marche mais il faudra veiller, comme pour l'allumage par bobine d'induction, à mettre en position le dispositif destiné à retarder la production de l'étincelle pour la mise en marche. Cette précaution est nécessaire pour éviter une explosion anticipée susceptible de provoquer le brusque retour en arrière du volant.

On mettra alors le moteur à la position de départ qui se trouve généralement marquée au moyen d'un repère sur l'arbre latéral. La position de départ correspond à la phase d'explosion-détente et généralement à une inclinaison de 40 à 60° du coudé vers l'arrière et vers le haut.

On ouvrira le robinet de gaz jusqu'au repère marqué à cet effet ; à défaut de celui-ci on ouvrira graduellement avec précaution le robinet, de façon à ne pas provoquer d'explosion anticipée par suite d'excès de gaz.

Les préparatifs ci-dessus sont communs à tous les moteurs et chaque système en particulier implique des précautions spéciales au sujet desquelles le constructeur fournit des instructions détaillées.

En général les moteurs sont munis sur leur arbre intermédiaire d'une came dite de « décompression » ou de « demi-compression ».

L'usage de cette came permet de faire faire au volant plusieurs

tours sans avoir à vaincre la résistance due à la compression complète. On la dégagera dès que le moteur, après quelques explosions, aura atteint une vitesse suffisante pour vaincre cette résistance.

Les moteurs d'une certaine force sont habituellement munis d'une mise en marche automatique. Pour la manœuvre des dispositifs dont elle est composée il faudra suivre les instructions spéciales à chaque système et pour ceux en particulier qui comportent une pompe à main, à l'aide de laquelle on comprime un mélange tonnant, il faudra, dans l'intérêt de la sécurité, prendre certaines précautions.

Il faudra, notamment, s'assurer de l'étanchéité et du libre fonctionnement des soupape ou clapet de retenue destinés à empêcher le retour de l'explosion du cylindre du moteur vers la pompe ; sans cette précaution on s'exposerait au choc brutal du piston de la pompe en cas d'explosion de retour.

Quand le moteur aura chômé pendant plusieurs jours il sera utile, avant de le mettre en marche, de lui faire faire quelques tours à vide pour vérifier si tous les organes fonctionnent normalement. On prendra la même précaution pour remettre le moteur en marche si une première tentative avait échoué, ceci en vue d'évacuer les mélanges imparfaits que pourrait contenir le cylindre. On aura soin, lors de cette manœuvre, de fermer le robinet de gaz pour prévenir toute explosion intempestive. On doit aussi conseiller, lors de la mise en marche, de ne pas se pencher au-dessus du tube allumeur qui est exposé à se briser et à projeter des éclats dangereux.

En aucune circonstance, et par principe absolu de sécurité, on ne manœuvrera le volant en agissant sur les rayons à l'aide du pied ; il faut se contenter de le mettre en mouvement en tirant à l'aide des mains sur la jante.

Établissement du régime de marche. — Dès que le moteur aura acquis sa vitesse normale on vérifiera le libre fonctionnement du régulateur pour prévenir toute possibilité d'emballement.

Après un certain temps de marche en régime normal on cherchera par la manœuvre des robinets à circulation d'eau à régler

309163

celle-ci en raison du travail qu'effectue le moteur, c'est-à-dire de façon à maintenir le cylindre chaud, mais non brûlant, tel que nous l'avons renseigné dans le paragraphe se rapportant à la circulation d'eau.

Le maintien d'une température convenable est très important au point de vue de l'économie.

Il y aura lieu de vérifier tous les paliers et de constater qu'aucun échauffement anormal ne se produit.

Arrêt du moteur. — Les dispositions à prendre pour l'arrêt du moteur consistent :

1° A faire arrêter d'abord, comme on le fait pour toutes les machines motrices, les différents appareils actionnés.

2° A débrayer s'il y a lieu la courroie de commande du moteur même.

3° A fermer le robinet placé sur la conduite de gaz au-delà des poches de gaz.

4° A faire agir la came de décompression pendant le ralentissement du moteur afin d'éviter qu'avant l'arrêt complet il soit refoulé en arrière par l'effet de la compression.

5° A fermer le robinet d'admission de gaz au moteur.

6° A fermer les graisseurs à débit libre et à relever les mèches des autres.

Dans le cas où le moteur actionne une dynamo, et plus spécialement une dynamo munie de balais métalliques, il y a lieu de relever ceux-ci avant l'arrêt du moteur pour empêcher qu'un retour en arrière ne les détériore.

7° A fermer le robinet d'arrivée d'eau si le moteur est refroidi à l'eau courante.

Si le moteur est exposé à la gelée, il sera nécessaire, afin de prévenir la congélation de l'eau, de l'envelopper pendant le repos ou bien de vider complètement l'enveloppe, ou bien encore de maintenir allumé sous le cylindre un bec de gaz ou un brûleur quelconque qui provoque la circulation d'eau. Il faut avoir soin, bien entendu, dans ce cas de laisser ouverts les robinets placés sur les conduites d'eau.

CHAPITRE IX

—

PERTURBATIONS DANS LA MARCHE DES MOTEURS MOYENS D'Y REMÉDIER

Nous examinerons dans ce chapitre les perturbations qui relèvent du mode de fonctionnement des moteurs à gaz plutôt que du manque de soins dont la construction de ces machines aurait été l'objet.

Nous avons, en effet, dans les chapitres précédents signalé les inconvénients et défauts de fonctionnement qui peuvent provenir de différentes causes, telles que les vices de construction de la machine, la mauvaise combinaison des organes, les défauts d'installation, etc., et nous avons cherché à préciser dans chaque cas les conditions où il fallait placer le moteur pour qu'il fournît un travail normal et économique.

Difficultés de mise en marche. — Nous avons indiqué les précautions préliminaires à la mise en marche : nous supposons donc que le conducteur du moteur s'est conformé à nos conseils. Différentes causes peuvent néanmoins s'opposer au *départ* du moteur.

Défaut de compression. — Le défaut de compression empêche généralement le mélange de s'enflammer.

On peut vérifier son existence en faisant fonctionner le piston en arrière à la période correspondant à la compression, c'est-à-dire, à celle où toutes les soupapes sont fermées. Si aucune résistance ne se manifeste, c'est évidemment que l'air ou le mélange gazeux admis s'échappe du cylindre, soit par la soupape d'admission du mélange, soit par celle d'échappement, soit par le piston.

Les soupapes, habituellement ramenées sur leur siège par l'effet d'un ressort, peuvent être restées ouvertes par suite de calage de leur tige, ou encore, à cause de l'interposition d'un corps étranger entre le disque et le siège. Dans un moteur usé ou mal entretenu, l'une ou l'autre de ces soupapes peut manquer d'étanchéité, le rodage est alors tout indiqué comme remède.

Dans le cas où une soupape est calée, ce qui se révèle suffisamment par la manœuvre des leviers de commande, il suffira de nettoyer la tige et son guidage pour les débarrasser du cambouis qui, éventuellement, s'y serait accumulé.

Si le moteur est neuf, le calage des tiges de soupapes est souvent dû à l'absence de jeu entre la tige et son guidage et, dans ce cas, on corrigera le défaut en passant légèrement la surface frottante de la tige au papier d'émeri fin et en la graissant avec de l'huile de cylindre, exception faite pour la soupape d'échappement qui doit être graissée à l'aide de pétrole.

Cette dernière soupape peut présenter deux autres défauts d'étanchéité.

Le ressort de rappel peut s'être affaibli et permettre à la soupape de se soulever sous l'action de l'aspiration, ou bien encore la vis ou molette, servant de contact entre le levier et la tige de soupape, peut être montée sans jeu suffisant, de telle sorte que l'allongement de la tige par dilatation empêche la soupape de bien retomber sur son siège. Le premier défaut implique le remplacement du ressort ou l'adjonction provisoire, pour éviter un arrêt, d'un ressort ou d'un contrepoids. Le second défaut peut être corrigé par un réglage du contact.

Le manque d'étanchéité du piston peut être dû, par exemple, à la rupture d'un ou de plusieurs cercles, à l'usure de ceux-ci, ou au grippage et à l'ovalisation du cylindre.

Le sifflement que produit l'air ou le mélange qui *repasse*, révèle ce défaut.

Présence d'eau dans le cylindre — Il arrive parfois que de l'eau se trouve entraînée dans le cylindre par le gaz lui-même, à cause d'une mauvaise disposition de la tuyauterie. Parfois encore

elle peut y pénétrer par le joint de l'enveloppe, à cause d'un défaut d'étanchéité.

D'autres fois, lors de la mise en marche d'un moteur, sa présence est la conséquence de la condensation, contre les parois froides du cylindre, de la vapeur formée par la combinaison chimique de l'hydrogène du gaz et de l'oxygène de l'air.

Enfin, dans certains cas, l'eau peut s'accumuler dans le tuyau et le pot d'échappement mal purgés et revenir vers le cylindre.

Dans tous les cas, la présence de l'eau, dans le cylindre rend la mise en marche laborieuse, parce qu'elle refroidit presque spontanément les gaz résultant de l'explosion et en réduit ainsi la pression utile.

Pour les moteurs munis d'un allumage électrique, elle se dépose en gouttelettes entre les contacts, provoque ainsi un court-circuit qui empêche l'étincelle de jaillir.

Si le cylindre lui-même n'est pas muni d'un robinet de purge, on n'arrivera à vaincre les difficultés du démarrage qu'en renouvelant les tentatives de mise en marche. Le défaut d'étanchéité du joint, de même que l'existence d'une partie graveleuse dans la fonte du cylindre, qui laisseraient passer l'eau de l'enveloppe, se révèlent par le dégagement de bulles de gaz dans le réservoir d'eau à l'orifice du tube d'arrivée.

Ces bulles sont dues au passage du gaz dans l'enveloppe, lors de l'explosion.

Si tel est le cas, en attendant qu'on avise au remplacement du cylindre ou à la réparation du défaut, on pourra en prévenir les conséquences en fermant, pendant le repos du moteur, les robinets d'arrêt de la circulation d'eau que nous avons décrits à un chapitre précédent.

Allumage défectueux. — Les difficultés de mise en marche, causées par des allumages défectueux, diffèrent suivant que cet allumage se fait par tube incandescent ou par étincelle électrique.

Allumage par tube. Rupture de tube. Fuites. — Il arrive fréquemment, lors de la mise en marche, que les tubes se brisent.

S'il s'agit d'un tube en faïence, il faut généralement attribuer

cet accident à un serrage défectueux ou à la présence d'eau dans le cylindre.

S'il s'agit de rupture de tube métallique, elle est due généralement à un affaiblissement de celui-ci par l'usage, et se produit plutôt lors de la mise en marche qu'en service courant, parce que les explosions, à ce moment, sont plus brutales, attendu que les conducteurs de moteurs ont une tendance à admettre trop de gaz au début.

Les « ratés » d'allumage, provenant d'un défaut du tube lors de la mise en marche, ont pour cause une obstruction ou des fuites qui se présentent soit aux joints, soit dans le corps même du tube et laissent ainsi échapper une certaine quantité de mélange avant de l'enflammer. Ce défaut du tube se révèle généralement par un sifflement caractéristique.

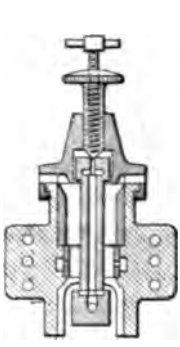


Fig. 74

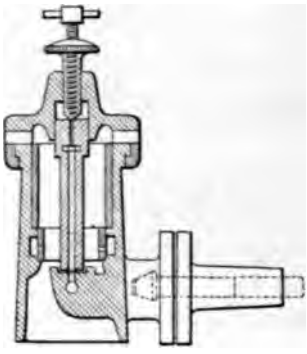


Fig. 75

Tubes allumeurs avec pointeau de mise en marche.

La fuite au tube peut exister soit à sa bâse, soit au sommet.

Dans le premier cas, la mise en marche est très laborieuse, parce que la partie de mélange comprimé vers le tube s'échappera par l'orifice avant d'atteindre la zône incandescente.

Dans le second cas, l'allumage pourra simplement subir un retard trop grand pour produire un effort moteur suffisant.

Un exemple de ce retard, artificiellement produit pour faciliter la mise en marche et éviter les explosions anticipées, se trouve dans le système de tubes munis d'un robinet ou d'un pointeau *ad hoc* (fig. 74 et 75).

Il suffit de citer le défaut provenant de fuites pour que le remède soit indiqué.

Nous croyons utile de rappeler ici le rôle important de la soupape d'inflammation dont le manque d'étanchéité ou de libre fonctionnement est un obstacle à la mise en marche.

Allumage par piles ou magnétos. — Si le fonctionnement de l'allumage électrique paraît défectueux, quel que soit le mode de production de l'étincelle, on vérifiera si celle-ci se produit en temps utile, c'est-à-dire légèrement après le point mort dans la position spéciale qu'on donne au dispositif d'allumage en vue de la mise en marche ; à cet effet, s'il s'agit d'allumage par bobine et batterie, on démontera la bougie et on la déposera avec son armature formant la masse sur une partie métallique bien polie pour assurer un contact électrique, tout en empêchant avec cette partie métallique le contact de la borne portant le fil conducteur. On fera la même vérification s'il s'agit du dispositif d'arrachement employé avec un appareil magnéto-électrique. Dans l'un et l'autre cas, on verra s'il ne se produit pas de court-circuit et on nettoiera les contacts au moyen d'un peu de benzine, s'ils paraissent être couverts d'huile ou de cambouis.

Si aucune étincelle ne se produisait à la bougie ou au contact d'arrachement, il faudrait en déduire que le défaut réside, soit dans une solution de continuité des conducteurs, soit dans l'appareil générateur du courant lui-même. L'examen détaillé de celui-ci indiquera les mesures à prendre.

Allumage prématuré. — Ainsi que nous l'avons fait observer plusieurs fois, au cours de cet ouvrage, le moment d'inflammation du mélange dans les moteurs a une influence prépondérante sur leur bon fonctionnement et leur marche économique.

L'allumage prématuré se révèle par un choc violent qui se manifeste au moment où le piston va franchir le point mort arrière à la fin de la compression, ses effets sont brisants et d'autant plus pernicieux qu'ils ont tendance à s'accentuer, parce qu'ils entraînent la surchauffe intérieure du moteur.

L'inflammation anticipée peut provenir de différentes causes : s'il s'agit d'un allumage par tube, sans soupape, il se peut que la zône incandescente du tube soit trop rapprochée de sa base ; s'il

s'agit d'un tube avec soupape, il se peut que celle-ci, et le cas se présente fréquemment, ne soit pas étanche ou s'ouvre trop tôt; enfin, s'il s'agit d'un allumage électrique, il peut arriver que le contact se produise avant le moment voulu par suite d'un réglage défectueux. Les indications que nous avons données dans les chapitres précédents permettront de corriger le défaut quand il se présente.

En dehors des causes provenant du mode d'allumage en lui-même, il se produit parfois des inflammations prématurées provenant d'un échauffement excessif de l'ensemble des organes intérieurs du moteur, dû, soit à une surcharge prolongée, soit à une insuffisance de circulation d'eau.

Enfin nous signalerons des inflammations prématurées d'une nature spéciale qui ne sont pas la conséquence de défauts fonctionnels du moteur, mais qui tiennent à une cause purement accidentelle, telle que la malpropreté des organes à l'intérieur du cylindre ou la présence d'une pièce en saillie qui s'échauffe et se trouve portée à l'incandescence pendant la compression. Ces inflammations dites spontanées, se produisent souvent bien avant la fin de la course de compression : elles se manifestent par un choc plus accentué que celui provenant d'un allumage prématuré et ont généralement pour conséquence de provoquer rapidement l'arrêt complet du moteur. Ces explosions spontanées opposent en effet au cours de la période de compression, une telle résistance au mouvement rétrograde du piston, qu'elles ont tendance à provoquer la marche en arrière du moteur.

En pareil cas, une visite et un nettoyage méticuleux du cylindre et du piston s'imposent.

Le fond du piston est particulièrement exposé à retenir à sa surface des matières grasses passées à l'état de cambouis durci, susceptible de rougir et de mettre spontanément le feu au mélange tonnant.

Détonations intempestives. — Dans un moteur installé et fonctionnant normalement, le bruit produit par les explosions doit être à peine perceptible dans la salle des machines. Les détonations

intempestives se produisent, soit à l'échappement, dans le dispositif d'aspiration d'air, soit près du moteur même.

Les unes et les autres sont plus bruyantes que dangereuses, mais elles attestent toujours d'un vice de fonctionnement auquel il y a lieu de remédier.

Les détonations qui se produisent à l'échappement proviennent de la déflagration dans la conduite d'échappement d'une charge de mélange qui, pour une cause quelconque, n'a pas été allumée dans le cylindre, a été ensuite chassée dans la conduite d'échappement et prend feu au contact des gaz incandescents qui sortent du cylindre après l'explosion subséquente.

Les détonations qui se produisent dans le dispositif d'aspiration d'air du moteur, que celui-ci soit aménagé dans le bâti lui-même ou dans un pot séparé, sont beaucoup plus bruyantes que les premières ; elles proviennent d'un refoulement accidentel du mélange détonnant, lequel prend feu en dehors du cylindre.

Trois cas peuvent se produire :

1° La soupape d'aspiration de mélange n'est pas étanche et laisse *repasser* pendant la période de compression une certaine quantité de ce mélange qui se loge dans le pot d'aspiration d'air ou dans le bâti.

Dès que l'explosion se produit dans le cylindre, elle se communique à la partie de mélange refoulée comme nous venons de le voir et en provoque la déflagration bruyante.

Le remède consiste à rendre étanche la soupape d'aspiration en la rodant soigneusement ;

2° Il peut rester dans le cylindre, à la fin de la course d'échappement, des parties incandescentes dues soit à la présence de cambouis, soit à l'existence de saillies mal refroidies.

En conséquence, le mélange peut s'enflammer prématurément au cours de la période d'aspiration.

3° Le moteur est réglé, c'est le cas pour la plupart des moteurs de construction anglaise, de façon à réaliser ce qu'on appelle techniquement *balayage* des produits de combustion.

A cet effet, on règle anticipativement l'ouverture de la soupape de mélange avant la fin de la course rétrograde du piston (échappement) et la fermeture de la soupape d'échappement. Il en résulte

que grâce à l'inertie et à la vitesse acquise des produits de combustion lancés dans la conduite d'échappement, après une explosion, il se produit dans le cylindre, vers la fin de la course, une dépression provoquant un appel d'air par la soupape de mélange ainsi ouverte et par conséquent le *balayage* des gaz brûlés qui sinon resteraient en partie dans le cylindre.

Or, on conçoit que si une charge de mélange tonnant n'a pas normalement explosé, soit à cause d'une mauvaise proportion de ses éléments, soit à cause d'un raté d'allumage, cette charge, lors de l'échappement, sort du cylindre sans vitesse acquise ; *repasse* en partie à la fin de la course d'échappement par la soupape de mélange, ouverte anticipativement comme nous le disons plus haut, et vient se loger dans le dispositif d'aspiration d'air.

En dépit de l'aspiration qui suit immédiatement ce refoulement, une certaine quantité de mélange tonnant reste confinée dans la tuyauterie d'aspiration et ses annexes et prend feu à la fin de la course d'échappement après l'ouverture de la soupape de mélange.

Pour éviter ces détonations il suffit d'assurer l'inflammation régulière du mélange, soit en réglant convenablement ses proportions, soit en améliorant l'allumage.

Explosions retardées. — Les explosions retardées ont pour conséquence une réduction considérable de la force dont le moteur est susceptible et une augmentation sensible de la consommation. Elles sont dues à trois causes principales :

1° Allumage défectueux ;

2° Pauvreté du mélange ;

3° Perte de compression.

L'existence du défaut ne peut être sûrement révélée qu'au moyen d'un indicateur à diagrammes ou d'un enregistreur donnant des graphiques ouverts.

Toutefois on pourra se rendre compte de ce que les explosions se produisent en retard lorsqu'on constatera un déchet dans la force ou un excès de consommation, bien que tous les organes concourant au bon fonctionnement du moteur soient en bon état.

Pour remédier au défaut on vérifiera si la compression est

bonne, puis on s'assurera de ce que le débit du gaz est normal et que les conditions de mélange d'air et de gaz n'ont pas été changées ; enfin on manœuvrera le dispositif d'allumage graduellement dans le sens de l'avance jusqu'au moment où il se produirait, lors de l'explosion, des chocs accusant un excès d'avance et on le règlera un peu en deçà de la position correspondante.

Nous en rapportant aux descriptions données des différents modes d'allumage, nous rappellerons la manière de régler le moment de l'inflammation dans chaque cas.

1° Pour le tube incandescent, sans soupape, muni d'un brûleur dont on peut faire varier la position, on rapprochera celui-ci de la base du tube pour avancer l'allumage ; on l'en éloignera pour le retarder.

2° Pour le tube avec brûleur fixe, le moment de l'allumage dépendra de la longueur du tube. Il sera d'autant plus retardé que le tube sera plus court et réciproquement.

3° Pour le tube pourvu d'une soupape d'allumage, le moment de l'inflammation ayant été réglé par le constructeur, ne pourra se modifier que par suite d'usure de la tige de cette soupape ou de déformation de la came de commande.

En pareil cas il suffira de remettre l'une ou l'autre de ces pièces dans son état primitif.

4° Pour l'allumage électrique, le mouvement de commande est généralement muni d'un dispositif de réglage qui doit pouvoir se manœuvrer à la main pendant la marche du moteur. Lorsque la manœuvre de la manette de réglage ne donne pas de résultats satisfaisants, il y aura lieu de s'assurer si l'étincelle se produit d'une façon normale. En conséquence, lors de l'arrêt du moteur, on enlèvera une des boîtes de soupape par l'ouverture de laquelle on pourra se rendre compte de la production de l'étincelle et de son intensité en faisant tourner le moteur à la main.

On prendra toutefois la précaution de bien purger le cylindre du gaz qu'il pourrait contenir pour empêcher la production d'explosions dangereuses.

Si l'on constate une étincelle trop faible ou l'absence totale d'étincelle, alors que toute la partie mécanique du dispositif est

bien réglée, on en déduira qu'il y a défaut de courant provenant:

1° D'un contact imparfait aux bornes, au fil conducteur ou aux pièces de rupture;

2° D'un court-circuit dans l'une des pièces isolées;

3° De la présence entre l'armature et les aimants d'une couche d'huile ou de cambouis formant isolant et nuisant à l'induction;

4° De la présence d'huile ou d'humidité sur les pièces de rupture;

5° De l'épuisement des aimants qui ne se produit guère qu'après plusieurs années d'usage sauf cependant le cas où la magnéto aurait été exposée d'une façon prolongée à une température élevée.

De la constatation de l'un de ces défauts on peut facilement déduire la manière d'y remédier.

Jeu dans les pièces en mouvement. — Il est la conséquence d'un vice de construction originelle consistant dans l'insuffisance des surfaces frottantes dans les paliers et des dimensions des axes, pivots, etc.

Il a pour conséquence une usure prématurée à laquelle il n'y a guère de remèdes à apporter dans l'ensemble.

Un défaut d'ajustage, un manque de soins ou de graissage peuvent également précipiter l'usure de certaines pièces et celle-ci se traduit par des chocs dans la marche, particulièrement sensibles au moment où les explosions se produisent.

Indépendamment de cet inconvénient, l'usure des engrenages et des pièces actives de la distribution entraîne le « dérèglage » de celle-ci.

En ce qui concerne les soupapes d'admission et d'échappement, l'usure des cames, des galets et des axes de leviers se traduit par un retard à l'ouverture de ces soupapes et une avance à leur fermeture.

L'allumage, quel qu'en soit le système, s'en trouve affecté et se fait tardivement; le moteur perd sensiblement de sa force et sa consommation devient exagérée.

Echauffement des coussinets. — En dehors du cas où une pièce est mal ajustée, les coussinets des paliers, des tête et pied

de bielle, du bouton de piston, peuvent s'échauffer par suite d'un excès de jeu, d'un serrage trop énergique, d'un manque de graissage ou de l'emploi d'huile de mauvaise qualité.

L'échauffement peut être tel qu'il amène le grippage des surfaces en contact et même la fusion des coussinets si ceux-ci sont garnis de métal anti-friction.

Pour s'assurer de ce que les pièces susceptibles de s'échauffer conservent une température normale, il est prudent, au cours de la marche, de les tâter de temps en temps du revers de la main à leurs parties accessibles.

Dès qu'on constate un commencement d'échauffement, on peut souvent l'enrayer par un abondant graissage. Si ce moyen ne suffit pas et si des considérations spéciales rendent impossibles l'arrêt du moteur, on pourra essayer de refroidir la pièce en l'arrosant d'eau savonneuse.

Lorsque l'échauffement n'a pas été constaté ou enrayé en temps utile, il se manifeste par une odeur caractéristique d'huile brûlée et par le dégagement de fumées. Il a alors atteint une température telle qu'il ne permettrait plus le contact de la main. Dans ce cas on se gardera bien de recourir à l'emploi d'huile qui se brûlerait immédiatement et aggraverait l'accident ; on appliquera prudemment des déchets de coton ou des linges mouillés sur la partie surchauffée et on l'arrosera ensuite petit à petit d'eau de savon.

Dans certains cas où l'on n'aura pas à craindre l'obstruction des orifices ou rainures de graissage on pourra ajouter à de l'huile très fluide un peu de fleur de soufre.

L'huile de ricin peut aussi être employée avec succès.

Si, par suite du grippage des surfaces frottantes, on ne parvient pas à combattre l'échauffement, il faudra nécessairement arrêter le moteur, démonter les pièces compromises et, au moyen d'un grattoir en acier, enlever les traces de grippage ; on passera ensuite les surfaces des coussinets et celle de l'arbre qui s'y rapporte à la lime douce, puis au papier d'émeri fin pour leur rendre leur poli.

Avant de les fixer à nouveau, on s'assurera qu'elles portent bien en tous points.

Au début de la remise en marche, on les surveillera attentivement et on les graissera copieusement.

Echauffement du cylindre. — L'échauffement du cylindre peut provenir de l'absence ou d'une diminution accidentelle de la circulation de l'eau.

Si le défaut est constaté trop tard et si le cylindre a atteint une température exagérée, on s'abstiendra de rétablir brusquement la circulation de l'eau, ce qui pourrait occasionner des ruptures de la fonte. On arrêtera de préférence le moteur pour remettre les choses en ordre.

Nous rappelons que la circulation d'eau peut être devenue inefficace ou défectueuse par suite des incrustations calcaires de l'enveloppe ou des tuyaux contigus.

Pour obvier à cet inconvénient un nettoyage est nécessaire et on pourra recourir à un lavage plusieurs fois répété de l'enveloppe à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique à 20 pour cent.

On prendra soin, après ce lavage, de rincer l'enveloppe à l'eau fraîche avant de rétablir la tuyauterie de circulation.

Échauffement du piston. — Si cet accident ne provient pas d'un défaut d'ajustage il peut résulter d'un manque de graissage ou de l'emploi d'une qualité d'huile ne convenant pas à cet organe.

Nous avons précédemment insisté sur l'importance du choix d'une huile spéciale.

L'échauffement du piston peut encore être la conséquence de celui du pivot d'attache de la bielle.

Dans ce dernier cas, il sera prudent d'arrêter le moteur et de vérifier l'état, le graissage et l'ajustage de cette pièce et de son coussinet.

L'échauffement du piston se révèle en marche par une température élevée du cylindre à l'avant et si l'on n'y portait remède il pourrait provoquer le grippage du cylindre.

Fumées sortant du cylindre. — Elles indiquent généralement, soit un excès de température qui fait évaporer l'huile, soit le

« passage » anormal de gaz provenant de l'explosion ; ce dernier inconvénient peut résulter de l'usure ou de l'ovalisation du cylindre, de l'usure ou de la rupture des segments.

Il provoque toujours une surchauffe du cylindre et entraîne une diminution de compression et de force.

Si le moteur est bien entretenu et ne présente pas de traces d'usure, l'inétanchéité peut provenir simplement de ce que les segments sont encrassés, collent dans leur rainure et ne jouent plus facilement.

On obviera à ce défaut en procédant au nettoyage des segments, comme nous l'avons expliqué au Chapitre VII (page 92).

Graissage défectueux. — Le graissage est défectueux lorsqu'il est insuffisant ou trop abondant, ou lorsque les huiles sont de mauvaise qualité.

Nous avons montré que l'insuffisance de graissage et la mauvaise qualité des huiles provoquaient l'échauffement des pièces. L'insuffisance de graissage peut provenir d'un mauvais fonctionnement des graisseurs et, dans le cas particulier d'un froid excessif, du manque de fluidité ou de la congélation de l'huile.

Lorsqu'un graisseur fonctionne mal, il y a lieu de vérifier l'état de son dispositif de réglage, s'il en est muni, et de s'assurer qu'il n'existe pas d'obstruction dans les conduits. Ce cas se présente fréquemment avec les appareils neufs qui ont été emballés dans des déchets de coton ou de la fibre dont des particules peuvent s'être introduites dans les orifices.

La qualité de l'huile peut être mauvaise par son origine même ou par suite de ce que des corps étrangers s'y sont mélangés. Dans l'un et l'autre cas il est tout indiqué de la remplacer par une huile de qualité meilleure.

La congélation de l'huile par les froids vifs peut être retardée par l'addition de pétrole ordinaire dans la proportion de 10 à 20 %.

L'excès de graissage pour les coussinets n'a pas d'autre conséquence que celle d'entraîner une dépense inutile et des projections d'huile sur le moteur et dans la salle de la machine ; pour le cylindre, il présente des inconvénients plus graves, en ce sens

qu'une certaine quantité d'huile en excès peut s'accumuler dans l'intérieur du cylindre où elle se brûle, forme des cambouis qui peuvent être portés à l'incandescence et allumer prématurément le mélange tonnant.

Dans les moteurs à gaz pauvre surtout, un excès de lubrification du piston est susceptible de produire cet inconvénient. En effet, la température de l'explosion n'étant pas aussi élevée que dans les moteurs à gaz de ville, l'excès d'huile ne peut être éliminé aussi sûrement par évaporation ou combustion.

D'autre part, la compression du mélange étant en général plus forte, les inflammations prématurées sont plus sujettes à se produire.

Résistances à l'échappement. — Nous avons expliqué comment les conduites et pots d'échappement devaient être disposés pour ne pas nuire au bon fonctionnement du moteur.

Nos indications ayant été suivies, il peut néanmoins se produire des causes accidentelles occasionnant une perturbation dans les conditions de l'échappement.

Parmi ces causes nous citerons les obstructions provenant de la présence de corps étrangers, tels que les pellicules de rouille qui se détachent de l'intérieur des tuyaux après un certain temps de marche, peuvent s'accumuler à un endroit quelconque de la conduite et y étrangler le passage.

D'autre part, les produits de combustion entraînent avec eux des huiles de graissage du cylindre à l'état pulvérulent par les conduites d'échappement. Dans les coudes et changements de direction de ces conduites l'huile se condense contre les parois sous forme de dépôts qui se carbonisent et finissent par former un cambouis dur et résistant qui réduit la section du passage et forme de véritables obstacles au libre échappement des gaz.

Ces défauts se révèleront par une perte de force du moteur ainsi que par une surélévation anormale de la température des parties voisines de l'orifice d'échappement.

Arrêts intempestifs des moteurs. — Ils proviennent principalement de causes afférant au fonctionnement du moteur et aux

conditions de son alimentation. Parmi les premières, nous pouvons citer :

1° Les échauffements excessifs que nous avons passés en revue et qui peuvent provoquer le calage d'un organe actif ;

2° Les défauts d'allumage ;

3° Le calage de la soupape de mélange ou de celle d'échappement ayant pour conséquence d'empêcher soit l'aspiration, soit la compression du mélange ;

4° La rupture ou le desserrage d'un organe de la distribution ;

5° Un affaiblissement du ressort de rappel de la soupape d'échappement qui s'ouvrirait ainsi sous l'action de l'aspiration.

Ces défauts relèvent de mauvaises conditions d'entretien ou de surveillance du moteur.

En ce qui concerne l'alimentation du moteur les causes d'arrêt sont différentes suivant qu'il s'agit de gaz de ville ou de gaz pauvre.

Dans le premier cas l'inconvénient peut provenir : d'un défaut spontané de fonctionnement du compteur, de la formation d'une poche d'eau dans les conduites, du calage de la soupape d'un antifluctuateur, du « dérèglage » d'un régulateur de pression, d'une modification subite de la pression du gaz en cas d'absence de régulateur de pression.

Dans le cas du « gaz pauvre » les arrêts peuvent résulter d'une brusque modification de la qualité, de la quantité ou de la température du gaz dont nous analyserons les causes dans les chapitres relatifs aux gazogènes.

CHAPITRE X

—

MOTEURS A GAZ PAUVRE

Nous avons surtout envisagé jusqu'ici les moteurs fonctionnant au gaz de ville ou gaz d'éclairage.

Tant qu'il s'agit de machines d'une force inférieure à 10 ou 15 chevaux, le gaz de ville constitue un combustible dont la richesse, la pureté et la facilité d'emploi compensent le prix relativement élevé.

Mais la nécessité toujours croissante de produire la force motrice à bon marché a conduit à l'emploi de gaz spéciaux qui se produisent facilement et économiquement.

Dans cette catégorie entrent :

Le gaz de hauts-fourneaux, fours à coke, etc. ;

Le gaz pauvre proprement dit ;

Le gaz Mond ;

Le gaz mixte ;

Le gaz à l'eau ;

Le gaz au bois.

Les avantages vraiment pratiques résultant de l'emploi de ces gaz comme force motrice ne sont guère démontrés que depuis quelques années. Par contre les nombreuses applications qui en ont été faites sur le continent depuis 1900 consacrent définitivement la valeur industrielle des moteurs à gaz pauvres en général.

Les étapes parcourues dans cette voie ont été judicieusement exposées et commentées dans les intéressants ouvrages et dans les publications du savant professeur de la Faculté des Sciences de Lille, M. Aimé Witz, et dans ceux de MM. Dugald Clerk de Londres, Grover de Leeds, Otto Guldner de Munich, etc.

La voie nouvelle dans laquelle la construction des gros moteurs semble engagée aujourd'hui donne une intéressante consécration aux prévisions de ces auteurs dont nous partageons du reste depuis longtemps l'opinion au point de vue que nous allons examiner.

M. Aimé Witz a toujours été partisan des hautes compressions et de l'augmentation de la vitesse linéaire du piston. Les constructeurs anglais qui ont fait des tentatives dans ce sens n'ont pas manqué d'en constater l'effet utile, mais tandis qu'ils relevaient la compression originale de 2 à 3 kilogrammes, employée il y a 5 à 6 ans encore, à la compression adoptée aujourd'hui de 6 à 7 kilogrammes, les allemands ont pour la plupart adopté, tout au moins dans les moteurs à gaz pauvre, les compressions de 8 à 12 kilogrammes et plus.

Hautes compressions. — La question des hautes compressions paraissait très complexe comme application, et nombre de firmes, cependant au premier rang de la construction moderne, semblent être encore à cet égard restées confinées dans les idées anciennes. La raison en est que certaines tentatives de surélévation de la compression leur ont causé des déboires. Les chambres d'explosion s'échauffaient à l'excès, les soupapes se déformaient et des inflammations prématurées se manifestaient bientôt. Faute d'une application judicieuse du principe, les résultats en étaient mauvais.

La haute compression ne se fait pas impunément dans des cylindres qui ne sont pas spécialement disposés à cet effet, et c'est le cas pour la plupart des moteurs d'ancien type comprenant, notamment, la majeure partie des constructions anglaises, françaises et surtout américaines. Dans ces dernières entre autres, la chambre d'explosion, le cylindre et son enveloppe même sont généralement venus de fonte d'une pièce, en sorte qu'il est très difficile de concilier la libre dilatation de certaines parties avec les températures élevées et inégales auxquelles elles sont exposées (fig. 22).

Certains constructeurs avaient aussi appliqué la haute compression sans se préoccuper de modifier la composition du mélange

tonnant. Il en résultait que celui-ci étant trop riche, la pression explosive se trouvait augmentée dans des proportions considérables pour lesquelles les organes n'étaient ni calculés ni prévus.

Des à-coups dans la marche, des échauffements de pièces et même des ruptures d'arbres coudés en furent les conséquences.

Les moteurs avaient un peu gagné en force mais aucun progrès n'était constaté du côté de l'économie de consommation, alors que c'est précisément ce dernier point qui doit justifier l'augmentation de compression.

Celle-ci résoud la possibilité d'employer des mélanges plus pauvres et en assure l'inflammation. Telle qualité de gaz de ville, par exemple, qui donnait le cheval-heure avec 500 litres et un mélange d'une partie de gaz et 8 d'air comprimé à 5 kilogrammes et demi, réalise le même travail avec 400 litres du même gaz mélangé à 12 parties d'air et comprimé à 12 kilogrammes.

Le *balayage* des produits de combustion restant dans le cylindre et auquel les idées modernes semblent aussi et avec raison, ajouter beaucoup d'importance, se trouve mieux effectué avec les hautes compressions par la raison fort simple que la chambre d'explosion, à la fin de la course arrière, contient d'autant moins de gaz brûlés que son volume est plus petit par rapport à la cylindrée.

En appauvrissant le mélange en vue des hautes compressions, la puissance explosive n'augmente pas sensiblement et ne dépasse guère en pratique 25 à 30 kilogrammes ; il n'y a donc pas de raison pour que les organes actifs subissent des efforts plus grands avec une compression plus élevée ainsi réalisée.

Refroidissement. — Quant à l'augmentation de la température de la culasse et des soupapes, due au seul effet de la haute compression, elle est parfaitement combattue par la disposition à laquelle les constructeurs semblent donner la préférence et qui consiste, comme le montre la figure 76, à loger la soupape de mélange et celle d'échappement dans un canal formant une sorte d'antichambre complètement entourée d'eau, laquelle, par son voisinage immédiat, assure un bon et égal refroidissement des sièges de ces soupapes.

Cette disposition, en même temps qu'elle se prête bien, à la réduction au minimum de la chambre d'explosions, présente au point de vue de l'exécution mécanique, le grand avantage de permettre l'alésage des sièges et guides de soupapes par le même outil, puisqu'ils sont placés dans le même axe.

Au point de vue du rendement, elle présente encore l'avantage de permettre l'introduction du mélange tonnant sans l'échauffer en passant par la soupape d'admission qui bénéficie du rafraîchissement de la culasse puisqu'elle est littéralement incorporée dans la chambre d'eau.

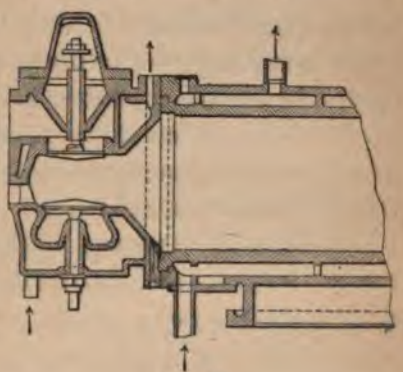


Fig. 76

Dans les moteurs importants on améliore même la réfrigération en alimentant d'eau séparément l'enveloppe de la culasse et celle du cylindre.

Dans les moteurs plus petits on met en communication, par le haut, l'enveloppe de la culasse avec celle du cylindre, en sorte que l'eau la plus froide entrant par le bas de la culasse, après s'y être réchauffée, passe autour du cylindre pour en sortir dans le haut vers son milieu.

L'eau a ainsi réalisé une circulation méthodique, augmentant l'effet utile et favorisant l'homogénéité de la réfrigération.

Malgré le soin apporté à la circulation d'eau, il est bon cependant d'observer que les moteurs à gaz pauvres qui nous occupent travaillent généralement *plus froids* que les anciens types à gaz de ville pour lesquels on admettait couramment que l'allure la plus économique était celle où l'eau sortait de l'enveloppe à environ 65° centigrades. Elle semblait concilier les exigences de la lubrification du piston avec la nécessité de réduire au minimum la quantité de chaleur emportée par la circulation et, de fait, nos expériences personnelles nous ont souvent confirmé ce principe.

Toutefois, s'il est vrai qu'on doive, pour les moteurs à gaz de ville, chercher à faire travailler les cylindres à la plus haute température conciliable avec les conditions de graissage, et celà par

mesure d'économie, il ne faut pas perdre de vue qu'avec les gros moteurs alimentés de gaz pauvre, la condition d'économie de consommation devient secondaire à cause de la faible quantité de combustible nécessaire.

Dès lors, celle-ci peut aisément être sacrifiée en faveur de la sécurité de la marche qui acquiert une importance capitale dans les gros moteurs activant d'importantes usines dont les arrêts intempestifs compromettraient gravement le travail.

Cette considération a conduit les constructeurs à réaliser dans les moteurs qui nous occupent des moyens de refroidissement d'un effet assuré, et comme la circulation de l'eau autour de la chambre d'explosion et du cylindre ne suffirait pas à combattre l'élévation de la température, ils ont refroidi séparément chaque organe qui pouvait en souffrir.

Les sièges de soupape d'échappement, ces soupapes elles-mêmes, les pistons, et, dans certains cas, leur tige ont été pourvus de circulation d'eau.

Inflammations prématurées. — Revenant aux causes d'échecs essuyés par certains constructeurs qui ont tenté d'appliquer les compressions élevées, nous avons cité les inflammations prématurées du mélange tonnant dans des cylindres non spécialement appropriés. Ces phénomènes s'expliquent aisément par la haute température théorique qui correspond aux fortes compressions et par la quantité de chaleur que doivent emmagasiner les parois de la chambre d'explosion.

Ces deux éléments suffiraient à eux seuls pour produire l'inflammation spontanée de mélanges trop riches, comprimés dans une enceinte surchauffée faute, d'une abondante circulation d'eau.

Une troisième cause d'inflammation prématurée peut résider aussi dans l'ancien système d'ignition qui consiste, comme dans la marche des moteurs anglais, en un tube en métal ou en faïence dont l'intérieur communique avec la chambre d'explosion, tandis qu'il est porté à l'incandescence par une flamme extérieure (Voir p. 13).

Dans les tubes de ce genre qui ne sont pas munis d'une soupape d'inflammation spéciale, on sait que le temps de l'allumage

est uniquement déterminé par le moment où le mélange tonnant refoulé dans le tube vient, à la fin de la compression, en contact avec la zône incandescente et provoque la déflagration.

Cette méthode toute empirique donne du reste lieu à l'avance ou au retard de l'inflammation du mélange suivant la température du tube, la position de la zône rougie, ses dimensions ou suivant que, par suite du régime de marche, le cylindre renfermant le mélange est plus ou moins chaud, etc.

Si ce système qui n'a que le mérite de la simplicité satisfait à peu près aux petits moteurs, nul doute qu'il devient inapplicable à ceux de plus de 20 à 25 chevaux dont on exige plus de régularité dans le fonctionnement.

Si on n'envisage que la plus perfectionnée des deux dispositions d'allumage par tube, avec ou sans soupape, que nous avons citées comme mémoire seulement, on reconnaîtra qu'elle est inapplicable aux moteurs à haute compression.

La soupape d'ignition est, en effet, l'organe qui souffre le plus par suite de la haute température à laquelle il est exposé. Son voisinage immédiat avec le tube incandescent, son contact avec les gaz enflammés alors qu'elle est soulevée, en rendent le refroidissement presque impossible.

Si, grâce à beaucoup de soins, elle donne satisfaction dans les moteurs à compression normale, on conçoit qu'elle ne satisfasse plus dans les moteurs à compression élevée, parce que la température du mélange comprimé est telle que celui ci ne manquerait pas de prendre feu intempestivement au contact de la soupape surchauffée.

Dans les moteurs industriels de petite dimension les inflammations anticipées n'ont guère d'effet que sur la marche silencieuse et sur la consommation économique.

Il n'en est pas de même dans les grosses machines où, à ces inconvénients, vient s'ajouter le danger de rompre les coudés ou tout autre organe en mouvement. L'inertie de ces pièces acquiert, en effet, une importance considérable à cause de leur poids et de la vitesse linéaire qu'elles atteignent dans les gros moteurs.

Il suffira, pour s'en faire une idée, de prendre l'exemple d'un moteur à gaz pauvre ou de haut-fourneau dont le diamètre de

piston serait 0m,600 et dont la pression explosive atteint aisément 21 kilogrammes par centimètre carré.

L'effort exercé au moment de l'explosion est presque de 60 000 kilogrammes.

Ceci a naturellement amené les constructeurs à recourir aux moyens les plus surs pour les mettre à l'abri des inflammations prématurées et de leurs graves conséquences.

Le mode d'allumage qui paraît aujourd'hui devoir être préféré à tout autre pour le gaz pauvre est donc celui obtenu au moyen de l'étincelle d'arrachement par appareil magnéto électrique déjà décrit (p. 16).

Certains constructeurs de gros moteurs, poussant plus loin le souci de la sécurité de la marche, ont armé la chambre d'explosion de deux dispositifs d'allumage indépendants.

Ils ont été guidés tant par le désir de parer au manquement d'un des appareils, que par l'idée d'enflammer le mélange en plusieurs endroits de façon à obtenir une ignition plus uniforme et plus favorable à la propagation de la flamme.

Mode de réglage des moteurs. — Différents procédés ont été adoptés jusqu'ici pour permettre de faire varier le travail d'un moteur, en raison de la résistance qu'il doit vaincre, dans les limites comprises entre la marche à vide et la pleine charge, de telle façon que la vitesse de rotation reste constante.

Ces procédés consistent à modifier la quantité ou la qualité du mélange admis dans le cylindre.

On peut obtenir un moteur fonctionnant :

1° à mélange constant en qualité et en quantité ;

2° à mélange variable en qualité et constant en quantité ;

3° à mélange constant en qualité et variable en quantité.

1° *Mélange constant en qualité et quantité.* — Ce procédé de fonctionnement implique le mode d'admission par « tout ou rien », avec lequel le nombre d'admissions et partant d'explosions varie, tandis que la valeur ou la composition de chaque charge admise reste constante ainsi que la compression elle-même (fig. 34).

Nous avons parlé précédemment de ce système et nous avons fait ressortir sa simplicité. Il permet d'obtenir une consommation

relativement basse, même lorsque le moteur ne travaille pas à pleine charge ; d'autre part, il présente l'inconvénient d'exiger l'emploi de volants lourds pour assurer la régularité cyclique.

2° *Mélange variable en qualité et constant en quantité.* — Le dispositif de commande le plus communément employé pour réaliser ce mélange, consiste à agir sur la soupape d'admission de gaz, par l'entremise d'une came à profil longitudinal conique (fig. 35).

Cette came, désignée sous le nom de « came conique », se trouve reliée à un levier dépendant du régulateur qui, suivant ses oscillations, la déplace le long de l'arbre de demi-vitesse du moteur ; il en résulte des variations dans la durée et dans l'amplitude de l'ouverture de la soupape d'admission de gaz.

Une autre disposition consiste à intercaler, entre la chambre dans laquelle s'effectue le mélange et la conduite d'arrivée de gaz, une lanterne ayant le même axe que la soupape de mélange elle-même.

Le déplacement de cette lanterne est commandé par le régulateur, ce qui permet à celui-ci de faire varier la quantité de gaz aspirée par rapport à la quantité d'air.

Lorsque les moteurs fonctionnent au gaz pauvre, il est nécessaire de visiter et de nettoyer fréquemment les organes du dispositif dont nous venons de parler. Ils sont, en effet, susceptibles de s'encrasser rapidement.

Les moteurs réglés de cette façon doivent fonctionner à haute compression afin d'assurer l'inflammation des mélanges pauvres formés lorsque la position de la came correspond au minimum d'ouverture de la soupape de gaz.

Ils doivent être munis de puissants régulateurs susceptibles de vaincre les résistances qui s'opposent au déplacement de la came ou de la lanterne.

Les variations de charge du moteur entraînent souvent la nécessité d'agir sur le papillon de réglage de la conduit afin d'obtenir un mélange susceptible de s'enflammer et d'exploser dans les meilleures conditions possible.

3° *Mélange constant en qualité et variable en quantité.* — Dans cette hypothèse la compression ne reste pas constante. La quantité de mélange aspirée au cylindre peut même être tellement

réduite que la compression descende sous les limites ou l'allumage s'opère ; il faut donc que les moteurs munis de ce genre de réglage, fonctionnent à haute compression, comme ceux que nous avons examinés dans le cas précédent.

Le réglage de la quantité de mélange s'opère de différentes façons.

Le dispositif le plus simple consiste à placer sur la conduite de mélange un papillon de réglage actionné par le régulateur, et qui étrangle plus ou moins le passage.

Une solution pratiquement élégante du problème consiste à faire varier l'ouverture de la soupape de mélange elle-même.

A cet effet, le mouvement de cette soupape est obtenu par un jeu de leviers. Le point d'application d'un de ces leviers peut-être déplacé sous l'action du régulateur, de façon à faire varier entre des limites déterminées, la course de la soupape.

Dans ces conditions, on parvient à introduire dans le cylindre, un mélange d'une homogénéité constante, combiné de façon à permettre l'allumage même à basse pression.

Nous avons constaté, dans des essais récents d'un moteur muni de ce dispositif de réglage que, la compression descendant jusqu'à 3 kilogrammes, l'allumage se produisait encore. Nous avons constaté en outre, une consommation très économique, aussi bien à demi-charge qu'à pleine charge.

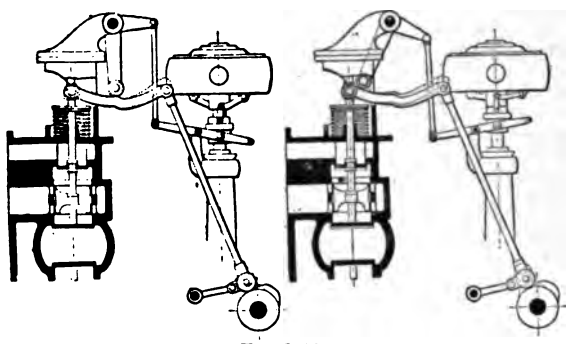


Fig. 76bis

Ce système présente encore l'avantage de permettre l'application de régulateurs ordinaires, n'ayant pas une masse excessive, puisque l'effort à vaincre par ces régulateurs pour provoquer le déplacement du point d'application du levier est relativement faible.

Nous reproduisons ci-dessus le dispositif appliqué par la Société Otto-Deutz de Cologne.

CHAPITRE XI

—

GAZ PAUVRES

Il est utile de faire ressortir les différences qui existent entre le gaz d'éclairage et les gaz dits *pauvres*, ainsi appelés par opposition au premier à cause de leur faible pouvoir calorifique.

Gaz d'éclairage. — Le gaz de ville, dont la composition est assez variable suivant les localités, accuse des pouvoirs calorifiques, fonction de ces compositions, oscillant entre 5 000 et 5 600 calories par mètre cube, mesuré à pression constante et ramené à 0° centigrades, à la pression barométrique de 760 millimètres, sans tenir compte de la chaleur latente de la vapeur d'eau condensée.

Le tableau suivant donne les compositions volumétriques moyennes du gaz d'éclairage de différentes localités.

Gaz	Localités				
	Londres	Manchester	New-York	Paris	Berlin
Hydrogène. H . . .	48	46	40	52	50
Oxyde de carbone. CO.	4	7	4	6	9
Méthane. CH^4 . . .	38	35	37	32	33
Carbures divers. C^nH^n	4	6	7	6	5
Acide carbonique. CO^2	»	4	3	»	2
Azote. Az	5	2	8	4	1
Oxygène O.	1	»	1	»	»
Total	100	100	100	100	100

Ces compositions se modifient d'ailleurs entre certaines limites ; il en est de même du pouvoir calorifique et nos expériences per-

... ont permis de constater dans une même localité, ... d'intervalle, des différences de 10 % environ.

Composition des gaz pauvres. — La composition chimique ... gaz pauvres varie d'après les conditions où ils ont ... et la nature du combustible.

... des éléments exprimées en volume :

	Gaz					
	...	Pauvre	Mond	Mixte Fleurel	à l'eau (Strache)	au bois en vase clos (Rose)
...	6...	29	42	50	5	1
...	2	9	20	20	50	44
...	24	25	11	20	40	20
...	7...	5	16	7	4	11
...	2	2	2	3	1	15
...	100	100	100	100	100	100
...	1...	1100	1400	1300	2400	2960
...	1...	1,10	1,02	1,05	0,580	0,524

... est utilisé pour la production de la ... en moyen de moteurs à gaz depuis moins de dix ... actionne des moteurs de très grande puissance ... relève plutôt de l'industrie métallurgique et ... sort pas du cadre de ce manuel.

... gazogène proprement dit est produit dans des appareils ... par aspiration que nous décrirons en détail dans ... suivantes.

... est produit dans des gazogènes soufflés utilisant ... qui consistent des appareils d'épuration spéciaux ... auxquels on peut recueillir avantageusement les ... produits de la distillation de la houille.

Les installations de *gaz Mond* sont de ce fait assez compliquées et ne s'appliquent guère qu'aux forces motrices importantes. On s'en rapportera pour leur étude, aux circulaires et instructions publiées par les constructeurs eux-mêmes.

Le *gaz mixte* est obtenu dans des appareils disposés de façon à maintenir la cornue à une température élevée et à produire ainsi un gaz plus riche en hydrogène que celui provenant des appareils à gaz pauvre proprement dit.

Toutefois, il est à remarquer que dans la pratique, les gazogènes actuels donnent un gaz pauvre dont le pouvoir calorifique oscille entre 1 000 et 1 400 calories et la composition entre celles que nous avons indiquée pour le gaz pauvre et pour le gaz mixte. Il n'y a donc pas lieu, en fait, d'établir une distinction entre ces deux qualités de gaz.

Le *gaz à l'eau* devrait théoriquement être formé de 50 % d'oxyde de carbone et 50 % d'hydrogène résultant de la décomposition de la vapeur d'eau par le carbone incandescent. En pratique, il contient une faible proportion d'azote et d'acide carbonique. Il est obtenu dans des appareils gazogènes dans lesquels on fait alternativement passer de l'air pour activer le feu et de la vapeur d'eau pour produire le gaz. Ce gaz est surtout employé pour certaines opérations de soudage, à cause des propriétés réductrices et de la haute température de sa flamme. Sa teneur élevée en oxyde de carbone le rend particulièrement toxique et d'autant plus dangereux qu'il est produit dans des appareils sous pression. Au point de vue économique, il est obtenu dans des conditions sensiblement plus coûteuses que le gaz pauvre proprement dit, et par conséquent, son emploi ne présente guère d'intérêt pour les moteurs à explosion.

Le *gaz au bois* dont nous avons donné la composition est obtenu dans les appareils genre Riché, dont le principe consiste à chauffer, au moyen d'un combustible quelconque et notamment du bois, une cornue en fonte disposée verticalement dans un massif de maçonnerie.

Cet appareil est particulièrement intéressant pour les industries du bois, telles que les scieries, les fabriques de meubles, etc., puisqu'il permet d'utiliser les déchets provenant de la fabrication.

* * *

La proportion relativement forte d'oxyde de carbone contenue dans les gaz pauvres, présente au point de vue de l'hygiène, des

inconvénients au sujet desquels il y a lieu d'attirer l'attention des industriels.

L'oxyde de carbone dont la densité correspond à 0,967, est plus irrespirable que l'acide carbonique qui amène l'asphyxie.

Il est donc nécessaire de prendre des précautions spéciales pour assurer la bonne et continue ventilation des locaux dans lesquels sont installés les appareils gazogènes et leurs accessoires. Cette recommandation doit tout spécialement être observée pour les installations faites dans les sous-sols et, si celles-ci ont une certaine importance, par mesure de précaution il est indispensable d'empêcher qu'un ouvrier y pénètre seul.

Sous ce rapport, les gazogènes soufflés, c'est-à-dire, ceux produisant le gaz sous pression, sont relativement plus dangereux que les gazogènes fonctionnant par aspiration.

En effet, dans les premiers, un manque d'étanchéité des fermetures ou des joints donne lieu à des fuites de gaz pauvre qui vicient l'air ambiant, tandis que dans les appareils *aspirés*, le même défaut y provoque simplement des rentrées d'air.

Bien que les cas d'empoisonnement provoqués par des installations de gazogènes soient rares nous croyons utile d'indiquer d'après le Docteur Melotte, de Bruxelles, quelles sont en général les précautions à prendre en cas d'intoxication par l'oxyde de carbone.

INTOXICATION PAR L'OXYDE DE CARBONE

Les empoisonnements par l'oxyde de carbone sont dangereux. Ce gaz en effet, est excessivement toxique et il est d'autant plus redoutable qu'il est inodore, incolore et insipide.

Mécanisme. – Dès qu'il pénètre dans le sang, il forme avec celui-ci une combinaison presque stable que l'oxygène de l'air parvient difficilement à transformer.

Il en résulte que chaque fois qu'on séjournera dans une atmosphère viciée d'oxyde de carbone, on empoisonnera graduellement une certaine quantité de sang, d'où la possibilité des intoxications à faible dose.

Symptomatologie. — Pour l'étude des symptômes, il faut envisager deux modalités différentes de l'empoisonnement :

1° Quand l'atmosphère est surchargée d'oxyde de carbone ;

2° Quand l'air respiré ne contient que des traces de ce gaz.

1° Intoxication graduelle rapide. — Au début, on éprouve un malaise vague, suivi rapidement de violents maux de tête, des vertiges, de l'anxiété, de l'oppression, de l'obscurcissement de la vue, une sensation pulsatile au niveau des tempes, des hallucinations, et en même temps des envies très fortes de dormir.

Si, à ce moment, la personne empoisonnée a conscience du danger et si elle peut ouvrir une fenêtre ou une porte, elle échappe à la mort.

Dans la seconde période, l'intoxiqué est paralysé des jambes ; il peut encore remuer les bras, la tête. L'intelligence est conservée et il assiste ainsi aux diverses phases de son asphyxie avec impuissance ; survient ensuite le coma et la mort.

2° Intoxication lente chronique. — Cet empoisonnement n'est pas le moins fréquent, et ses symptômes sont parfois difficiles à constater. Il se manifeste par de la faiblesse, de la céphalalgie, des vomissements, de la pâleur, de l'anémie en général, des lassitudes, des paralysies locales.

Quand ces symptômes apparaissent chez des ouvriers travaillant au voisinage des gazogènes, il faudra donc envisager la possibilité d'une intoxication par l'oxyde de carbone.

DES PREMIERS SOINS A DONNER AUX PERSONNES INTOXIQUÉES PAR L'OXYDE DE CARBONE

Comme nous l'avons dit plus haut, l'oxygène de l'air est impuissant à transformer le sang oxycarboné.

Un courant abondant d'oxygène pur peut seul oxyder cette combinaison et rendre ainsi l'hématose possible. Ce courant abondant sera obtenu à l'aide d'une certaine quantité d'oxygène contenu dans un réservoir auquel sera adapté un tuyau muni, à son extrémité libre, d'un masque s'appliquant exactement sur la bouche et les narines de l'asphyxié.

L'absorbtion du gaz se fera par la méthode de la respiration artificielle. Celle-ci peut se réaliser d'après plusieurs procédés; les plus pratiques sont ceux de Sylvester et de Pacini.

Procédé de Sylvester. — On couche le sujet sur le dos, on lui prend les deux bras, on les élève au-dessus de la tête, puis on les rabaisse sur les côtés du tronc et ainsi de suite. Ces mouvements doivent être répétés 15 fois par minute environ. Cette méthode est souvent employée et elle est excellente.

Procédé de Pacini. — On appuie quatre doigts dans le creux de l'aisselle, le pouce sur le moignon de l'épaule. On élève et on abaisse ainsi alternativement l'épaule, ce qui produit une ampliation accentuée de la poitrine; c'est le procédé le plus efficace.

On répète ces mouvements 15 à 20 fois par minute avec un rythme très régulier.

L'un de ces traitements doit être appliqué immédiatement dans les cas sérieux; il importe toutefois de donner au sujet certains soins préliminaires, consistant à le transporter dans une place bien aérée et modérément chauffée; le débarrasser de ses vêtements ; le réchauffer à l'aide de bouillottes et de linges chauds; recourir aux actions réflexes; exciter le système nerveux périphérique pour faire contracter le cœur et les muscles respiratoires; cautériser la région précordiale au moyen de pointes de feu. En outre, opérer des frictions et pincements de la région diaphragmatique; des frictions cutanées, des aspersions d'eau froide, flagellations, urtications, des actions excitantes sur la peau et les muqueuses, des titillations sur les muqueuses du nez et du pharynx à l'aide d'une barbe de plume imbibée d'ammoniaque, d'alcool, de vinaigre ou de citron.

Les tractions rythmées de la langue sont effectuées comme suit : on saisira d'abord la langue au moyen d'une pince et on la maintiendra à l'aide d'un gros fil, puis on l'attirera fortement hors de la bouche en la laissant rentrer après chaque traction. Ces mouvements seront rythmés et répétés 15 à 20 fois par minute.

Enfin, quand on sera parvenu à ranimer le malade, il faudra le placer dans un lit chaud, lui administrer des boissons excitantes,

du vin, du café, etc. En cas de congestion de la tête, il ne faut pas hésiter à recourir aux émissions sanguines locales et à placer 4 ou 6 sangsues derrière les oreilles. Il est bon de retenir que tous les soins énumérés sont suffisants en attendant l'arrivée d'un médecin.

***

IMPURETÉS DES GAZ

La plupart des charbons utilisés pour la production du gaz pauvre renfermant des sulfures, ceux-ci donnent naissance à de l'hydrogène sulfuré qui se mélange au gaz et contribue à lui communiquer son odeur caractéristique.

Dans certains appareils gazogènes l'épuration comporte l'emploi de sciure mélangée de sels de fer qui se combinent avec l'hydrogène sulfuré subsistant. Comme ce gaz attaque le cuivre, on devra proscrire l'emploi de ce métal pour les appareils suivants :

Générateur. — Regards, robinets pour épreuve du gaz.

Canalisations. — Robinets de manomètres ; robinets de purge et de vidange.

Moteur. — Robinet d'admission du gaz. Raccords de graissage aboutissant dans le cylindre. Valves et robinets de la conduite servant à la mise en train par l'air comprimé, robinets de vidange.

La distillation de la houille dans les gazogènes donne lieu aussi à la formation de gaz ammoniac ; celui-ci corrode également le cuivre et ses alliages, mais par suite de sa grande solubilité, il est éliminé avec les eaux de lavage du scrubber et ne parvient pas jusqu'au moteur.

PRODUCTION ET CONSOMMATION

La quantité de gaz produit dans la plupart des appareils varie de 4 à 5 mètres cubes par kilogramme de charbon brut consumé dans le générateur et les moteurs consomment par cheval-heure deux à trois mètres cubes de gaz suivant la richesse de celui ci.

CHAPITRE XII

GAZOGÈNES SOUS PRESSION

Comme nous l'avons vu précédemment, le « gaz pauvre » destiné à l'alimentation des moteurs peut être produit au moyen de deux catégories distinctes d'appareils : les appareils fonctionnant sous pression et ceux fonctionnant par aspiration.

Gazogène Dowson. — Les premiers générateurs à gaz pauvre sous pression, dus aux constructeurs Dowson de Londres, impliquaient des installations relativement compliquées par elles-mêmes.

Les recherches et les découvertes de ces constructeurs contribuèrent beaucoup à vulgariser l'emploi de leur système et de nombreuses installations de 50 à 100 chevaux et plus furent établies dans le Royaume-Uni sous le nom de gazogènes Dowson. Le nom des inventeurs resta ainsi longtemps lié au gaz pauvre lui-même.

Leur système exige l'emploi d'anthracite ou de charbons éminemment maigres tels que le pays de Galles et la Pensylvanie en produisent abondamment.

Nonobstant la nécessité de faire usage de cette qualité spéciale de charbon, le système Dowson ou ceux qui en sont dérivés impliquent l'emploi d'une série d'appareils de refroidissement, de lavage, d'épuration, etc., qui compliquent ces installations et les font sensiblement ressembler à une véritable usine à gaz.

Le générateur tenant lieu de cornue doit être alimenté d'air et de vapeur soufflés et nécessite l'emploi d'une chaudière ; de plus

t produit sous pression et il faut un gazomètre pour
asiner avant son entrée dans le cylindre du moteur.
oins, il se présente dans l'industrie des cas nombreux
lieu de recourir à l'emploi de ces appareils.

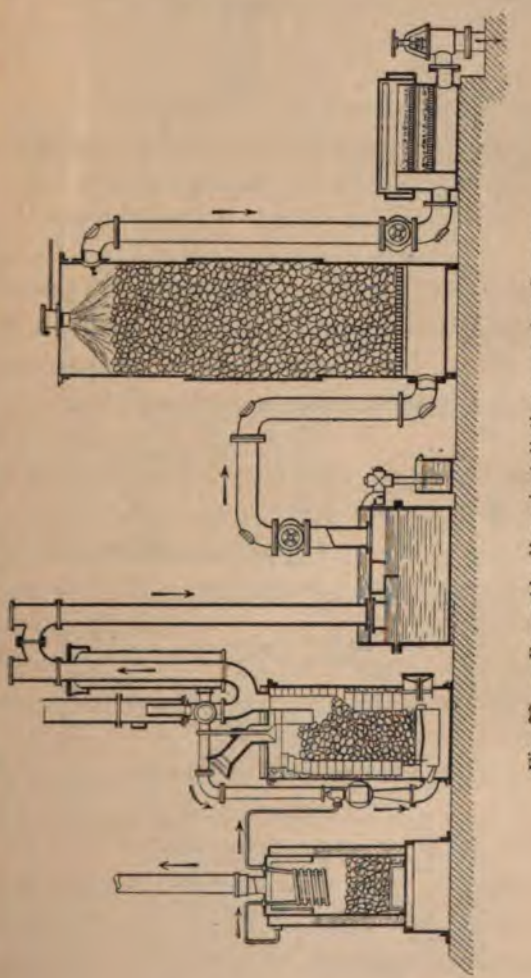


Fig. 77. — Ensemble d'une installation gazogène Dowson.

iterons, notamment, celui des usines dans lesquelles on
du gaz pauvre pour alimenter des fours ou pour effec-
pérations de soudage, de grillage, etc., et de celles dans
il y a lieu de distribuer le gaz pauvre à distance pour
différents moteurs à l'aide d'une installation généra-

trice centrale, comme on pourrait le faire avec du gaz d'éclairage.

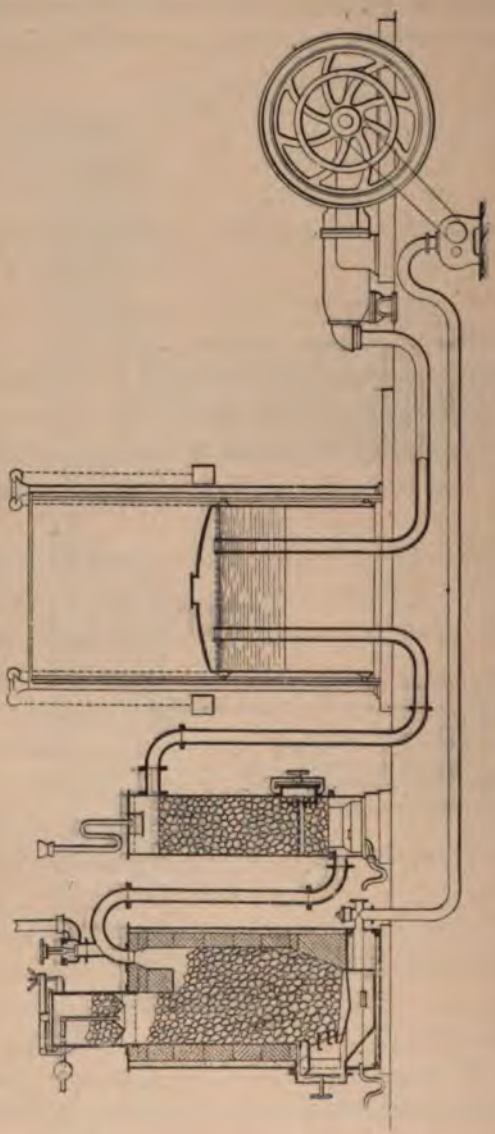


Fig. 78. — Ensemble d'une installation gazogène Simplex.

La majeure partie des gazogènes sous pression sont dérivés du type initial créé par Dowson. Celui-ci comprend :

Un générateur dans lequel se produit le gaz ;

Un injecteur alimenté par une chaudière (fig. 77) ou un ventilateur (fig. 78) ou même un compresseur servant à insuffler un mélange de vapeur et d'air sous le foyer du générateur;

Des appareils de lavage dits « Scrubbers »;

Des appareils d'épuration de gaz;

Un gazomètre.

Générateur. — Le générateur est formé d'une cornue en terre réfractaire, verticale et de forme cylindrique ou cônique.

Cette cornue est protégée extérieurement par une enveloppe métallique avec interposition d'une couche de sable destinée à diminuer les pertes de chaleur par rayonnement.

Le combustible est chargé par le haut de la cornue que termine un dispositif de double fermeture pour prévenir les rentrées d'air dans l'appareil pendant le chargement.

Il repose sur une grille placée à la base de la cornue et à travers laquelle tombent les cendres.

Dans le cendrier aboutit l'orifice de la tuyère de l'injecteur qui y amène d'une façon continue un mélange d'air et de vapeur.

Généralement cette dernière a été surchauffée en passant dans un serpentin ménagé dans le foyer de la chaudière, dans le générateur ou dans la conduite de sortie des gaz chauds.

Dans certains cas l'air lui-même est préalablement réchauffé en récupérant d'une façon quelconque la chaleur perdue des appareils.

Les points principaux relatifs à la disposition des générateurs qui ont attiré l'attention des constructeurs de gazogènes sont les suivants :

Bonne répartition du combustible lors du chargement;

Facilité de descente de celui-ci;

Atténuation de l'action destructive des machefers sur les parois;

Décrassage aisé de la grille sans modifier le régime de production du gaz;

Etanchéité de l'appareil.

De nombreux moyens ont été appliqués pour réaliser ces différentes conditions de bonne marche.

La *répartition du combustible* lors du chargement dépend prin-

cipalement de la forme de la trémie et de celle de sa soupape de fermeture, qui est généralement cônique. Celle-ci s'ouvre, dans la plupart des appareils, vers l'intérieur du générateur et l'inclinaison de ses parois provoque l'éparpillement uniforme du combustible dans la cornue.

Ce point a nécessairement d'autant moins d'importance que la cornue du générateur est de section plus faible par rapport à sa hauteur.

La *facilité de descente du combustible* semble résulter principalement de la nature et des dimensions du charbon employé. Le charbon poreux donne de meilleurs résultats que le charbon dense et compact. Il y a donc lieu d'employer de préférence le charbon criblé, en morceaux de la grosseur d'une noisette, sans poussières.

La diversité des profils de cuve appliqués comprenant les formes cylindrique, tronconique vers le haut ou vers le bas, partiellement tronconique vers le bas, etc., nous conduit à conclure que cette question ne paraît pas mériter l'importance que certains auteurs lui attribuent.

Il faut toutefois considérer que si le combustible descend mal, son séjour prolongé le long des parois et sa transformation en machefers fusibles finit par désagréger la garniture réfractaire de la cuve.

La quantité plus ou moins grande de vapeur injectée, suivant la nature du combustible, permet d'obtenir des machefers friables et par conséquent moins nuisibles à la conservation de la cornue.

Les cendres rougeâtres sont en général fusibles ; elles renferment du fer. La température de fusion varie entre 1 000 et 1 300°.

Le *décrassage* est un point très important en ce qui concerne le fonctionnement d'un gazogène. Il doit pouvoir se faire en cours de marche sans modifier la composition du gaz, soit par suite d'un refroidissement de la zône incandescente, soit par suite de l'introduction d'un excès d'air nuisible, soit encore par suite de la suspension momentanée de l'injection de vapeur.

A cet égard les appareils à décrassage mécanique, à grille mobile ou à sole tournante, présentent l'avantage de pouvoir

faire tomber les cendres sans changer le régime de fonctionnement de l'appareil (fig. 79).

Le même avantage existe dans les appareils à cendrier noyé formant joint hydraulique.

L'*étanchéité* des appareils gazogènes sous pression joue sur la production du gaz un rôle moins important que celle des appareils par aspiration.

Les fuites provoquent des dégagements de gaz qui révèlent leur existence par leur odeur; elles se traduisent par une perte de consommation et présentent l'inconvénient de rendre l'air irrespirable.

Le générateur doit être pourvu, à la partie supérieure, de regards par lesquels on pourra aisément introduire un ringard pour « piquer » le combustible et défoncer les voûtes qui tendent à se former et qui constituent une des principales causes de perturbation dans la marche, surtout avec des combustibles susceptibles de gonfler et de coller sous l'action de la chaleur.

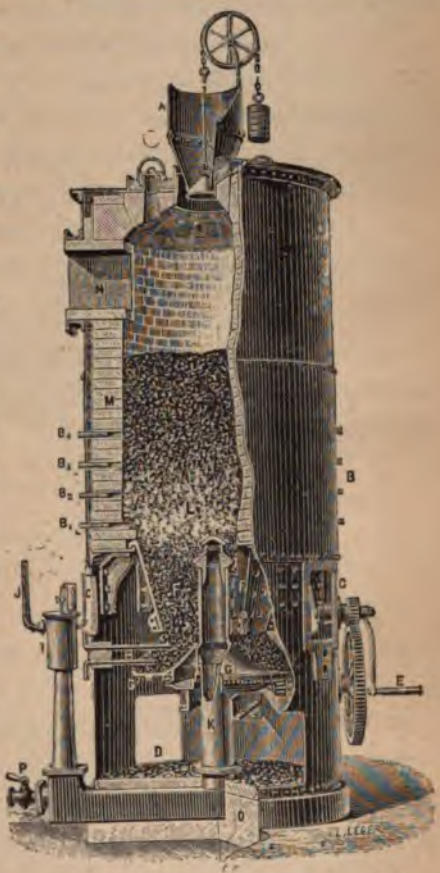


Fig. 79.— Générateur à sole tournante Fichet et Heurtey.

Beaucoup d'appareils sont aussi munis de regards latéraux formés par une lunette en mica qui permettent de se rendre compte de la combustion (fig. 79).

Insufflation d'air. — Le système qui consiste à alimenter le générateur d'air et de vapeur au moyen d'un injecteur, nécessite

l'emploi d'une chaudière à vapeur généralement timbrée à plus de 5 atmosphères.

Cette méthode de soufflage, relativement compliquée, présente l'inconvénient de donner un débit variable suivant la pression de la vapeur à la chaudière, pression qu'il n'est pas toujours facile de maintenir constante.

De plus, en cas de résistance plus ou moins grande opposée par le combustible dans le gazogène, la quantité d'air qu'on force au travers de ce dernier est susceptible de diminuer alors que la quantité de vapeur reste la même ; d'où changement d'allure résultant de la modification des proportions des deux éléments.

Ce sont ces raisons qui semblent avoir fait prévaloir depuis quelque temps chez certains constructeurs l'emploi de ventilateurs.

Souffleurs. — Les souffleurs employés offrent des dispositions variées ; la plupart dérivent du système Koerting (fig. 80) et sont constitués en principe :

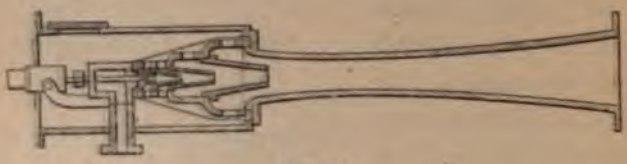


Fig. 80

1° Par un ajutage débitant la vapeur sous pression ;

2° Par une tuyère cylindro-conique.

L'ajutage se trouve placé dans l'axe de la tuyère et à son orifice extérieur. La vapeur en s'échappant sous pression s'engage dans la tuyère et entraîne avec elle une certaine quantité d'air qu'on peut faire varier par le réglage.

Il est essentiel que ces souffleurs à injection fonctionnent de façon à permettre de régler dans de larges mesures la pression et le débit de l'air et de la vapeur.

Ventilateurs. — Les ventilateurs mécaniques présentent l'avantage de ne pas nécessiter l'emploi de vapeur sous pression qui rend nécessaire l'installation d'une chaudière (fig. 78).

Ces appareils, conduits par le moteur lui-même ou par une source d'énergie indépendante, sont d'un placement très simple, peu encombrants et absorbent peu de force.

Ils sont du type centrifuge ou du type rotatif genre Root (fig. 81). Ce dernier système donne un bon rendement et permet d'atteindre des pressions relativement élevées de 500 à 700 millimètres d'eau qui ne sont d'ailleurs usitées que pour les combustibles spéciaux tels que les lignites, tourbes, etc.

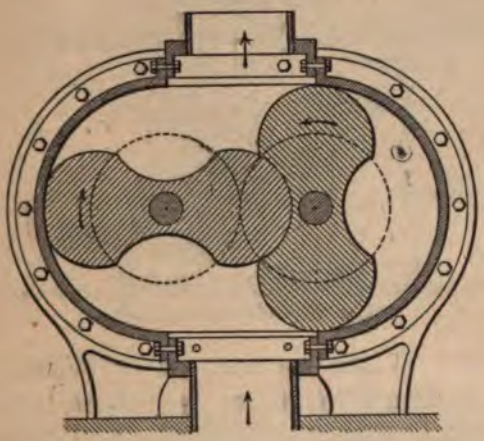


Fig. 81. — Ventilateur Root.

L'air débité par le ventilateur, avant de parvenir au foyer du générateur, est surchauffé soit avant, soit après s'être chargé de la quantité de vapeur d'eau nécessaire.

Compresseurs. — Certaines installations fonctionnent également avec de l'air insufflé par un compresseur sous une pression élevée (5 à 7 kilogrammes) qui paraît être très favorable à la formation d'un gaz de bonne qualité et qui rend, pour ainsi dire, nulle la production des goudrons et des eaux amoniacales.

Le gazogène « Gardie » est le type de cette catégorie d'appareils (fig. 82). La principale caractéristique de ce gazogène consiste dans la simplification des dispositifs habituels de lavage et d'épuration.

Il est toutefois bon de remarquer que la production d'air comprimé à haute pression entraîne de son côté une certaine complication et une dépense notable d'énergie.

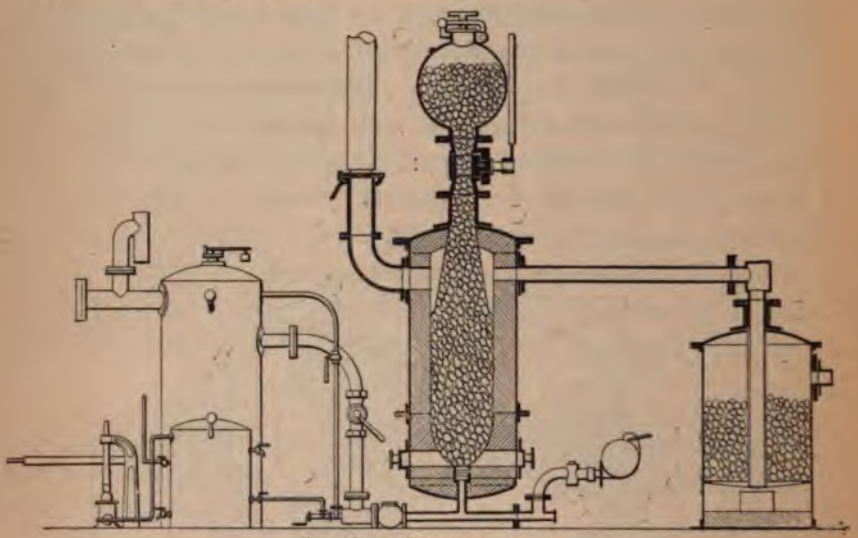


Fig. 82. — Gazogène Gardie.

Exhausteurs. — Plusieurs constructeurs ont imaginé soit, d'adjoindre aux souffleurs soit, d'employer exclusivement des dispositifs aspirant le gaz dans le générateur pour l'envoyer aux appareils d'utilisation.

Mais, en dehors de quelques cas spéciaux, les applications de cette disposition ne paraissent pas s'être répandues, notamment pour la production exclusive de la force motrice.

Quel que soit le dispositif employé pour l'introduction du mélange d'air et de vapeur sous la grille du générateur, la tuyère d'amenée débouche en général vers le centre de l'appareil.

Toutefois, pour les gazogènes d'une certaine importance, dans le but de pouvoir faire varier dans d'assez grandes limites la quantité d'air et de vapeur et de mieux régler l'allure du feu, on dispose symétriquement plusieurs arrivées du mélange au-dessous du combustible.

Lavage et épuration. — Dans les gazogènes sous pression le lavage et l'épuration du gaz sont ordinairement plus soigneusement effectués que dans les appareils par aspiration.

En effet, étant donné qu'on dispose d'une pression suffisante, peut, sans inconvénient, forcer les gaz à passer à travers les

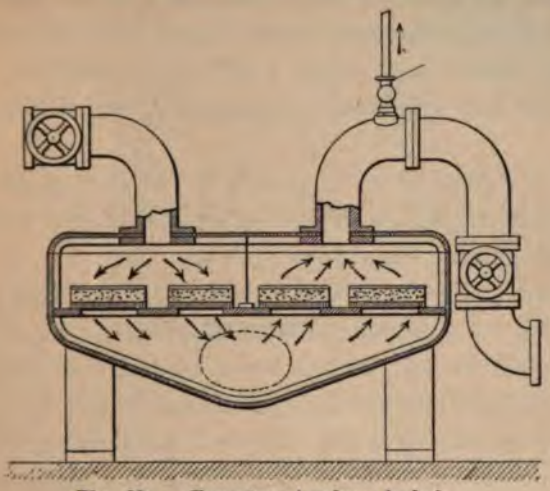


Fig. 83. — Epurateur à sciure de bois.

férents appareils et les intervalles des matières qu'ils con-nnent.

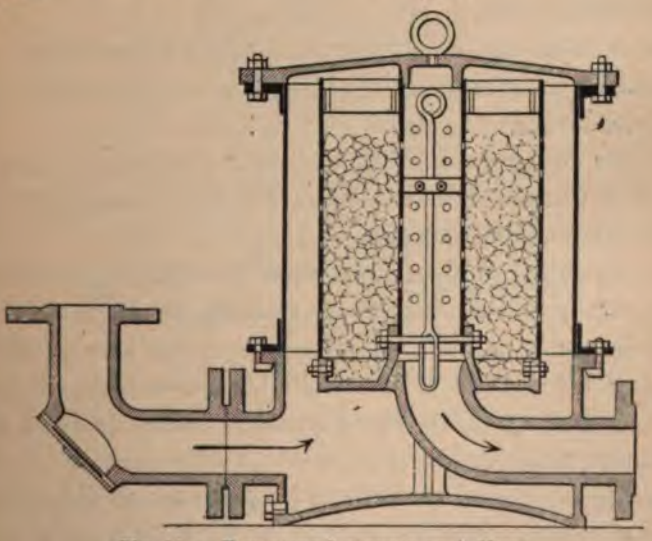


Fig. 84. — Epurateur à mousse ou à fibre.

es gaz sortent du générateur à une température élevée qu'on lise soit pour réchauffer l'eau d'injection, soit pour produire

la vapeur nécessaire à l'alimentation du foyer. Ils passent ensuite dans les appareils de lavage qui consistent le plus souvent en une succession de dispositifs dans lesquels le lavage des gaz s'opère, soit par « barbotage » dans l'eau, soit par « frottement » superficiel contre une nappe d'eau, soit, enfin, par circulation méthodique dans une masse de matière inerte arrosée continuellement.

Ce lavage a pour effet de retenir la majeure partie des poussières entraînées par le gaz et de les précipiter à l'état de boue qui s'élimine par la circulation de l'eau.

L'épuration physique, ainsi commencée, s'achève par le passage des gaz au travers de matières filtrantes telles que de la fibre ou de la sciure de bois, de la mousse végétale, etc. (fig. 83 et 84), tandis que l'épuration chimique, si elle est nécessaire, est obtenue au moyen d'hydrate de chaux, d'oxyde de fer et mieux encore d'un mélange de chaux et de sulfate de fer. Ces matières doivent nécessairement être renouvelées après épuisement.

Gazomètre. — Cet appareil est composé essentiellement d'une cuve et d'une cloche.

Dans certains cas, en vue de diminuer l'encombrement des appareils, on se sert de la cuve disposée en conséquence, pour remplir les fonctions de laveur ou « scrubber » (fig. 85).

La cloche du gazomètre doit être munie d'un mouvement qui réduit ou arrête automatiquement la production du gaz lorsqu'elle se trouve entièrement remplie.

Il est, en outre, prudent de la munir d'un appareil « reniflard » ou clapet s'ouvrant vers l'intérieur. De cette façon, s'il arrive que le débit du gaz est suspendu alors que le moteur lancé continue à tourner, il n'y a pas à craindre que l'aspiration produite par le moteur ne provoque l'arrivée, dans le cylindre, de l'eau de la cuve du gazomètre.

Avec des moteurs dont la force ne dépasse pas une cinquantaine de chevaux, on utilise quelquefois l'eau de la cuve, placée en surélévation par rapport au moteur, pour le refroidissement du cylindre. On évite ainsi la dépense relative à l'installation de réservoirs spéciaux.

ıt en pareil cas que la quantité d'eau contenue dans la ɔit le double au moins de celle nécessitée par l'emploi de ɔirs. Sinon l'eau pourrait s'échauffer outre mesure et dilater 'açon excessive le gaz contenu dans la cloche.

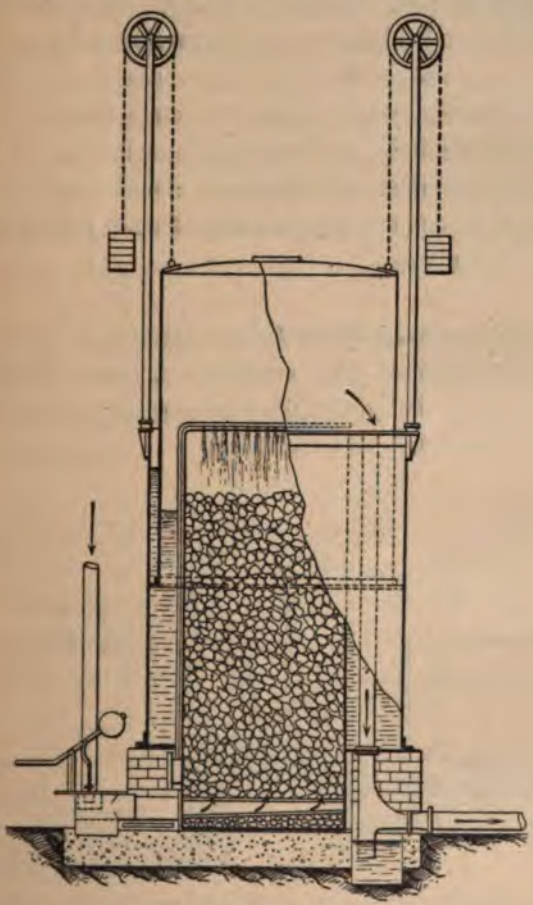


Fig. 85. — Gazomètre laveur.

t bon que la contenance de la cloche du gazomètre soit au um d'une centaine de litres par cheval effectif du moteur à ter. Dans ces conditions, elle joue le rôle de régulateur de ɔn, assure une homogénéité suffisante du gaz en réserve net d'alimenter le moteur pendant les courtes périodes de sion du soufflage que nécessiterait le nettoyage ou le pi- du feu.

Mais, étant donné qu'un moteur consomme 1800 à 2500 litres de gaz pauvre par cheval-heure, il faudrait donner à la cloche des dimensions beaucoup plus grandes si l'on désirait pouvoir arrêter pendant un certain temps la production du gaz.

Il est bon de rappeler ici que le charbon minéral n'est pas le seul combustible qui se prête à la production de gaz propres à actionner les moteurs, mais que certains gazogènes utilisent parfaitement le lignite, la tourbe, etc. D'autres brûlent la paille, le bois, le charbon de bois, les déchets de scieries, de tanneries ainsi que d'autres matières organiques avec un rendement bien supérieur à celui que ces combustibles donnent dans les foyers de chaudières à vapeur.

Gazogène au lignite, à la tourbe, etc. (fig. 86). — Ces gazogènes ne peuvent fonctionner par aspiration à cause des résistances qu'oppose la couche de combustible au passage des gaz. Ces résistances sont élevées et très variables.

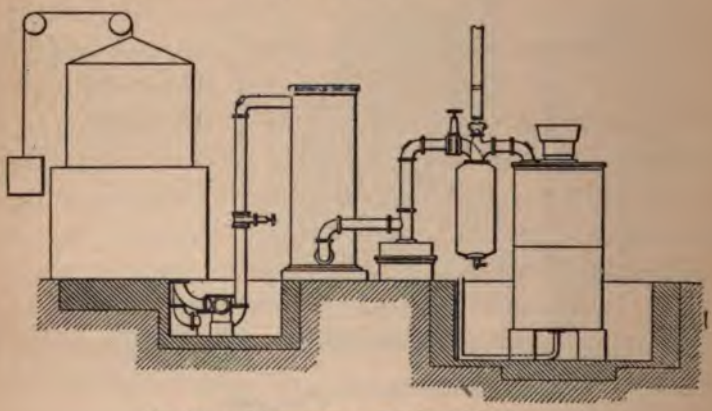


Fig. 86. — Gazogène au lignite (Otto-Deutz).

Ils doivent donc fonctionner sous pression par insufflation d'air ou par injection de vapeur suivant la proportion d'eau contenue dans le lignite.

On emploie généralement un ventilateur Root marchant sous une pression de 200 à 700 millimètres d'eau, suivant la qualité du lignite.

On n'emploie pas ces gazogènes pour des forces inférieures à

50 chevaux. Au-dessous de cette force le coût relatif de l'appareil serait trop élevé.

Le meilleur lignite est celui qui donne des cendres pulvérulentes et ne forme pas de mâchefers agglomérés.

Une particularité du lignite est de produire des poussières qui s'enflamment très facilement lorsque l'air entre dans le gazogène. On ne doit donc pas décrasser pendant la marche pour éviter la production d'une flamme qui s'échapperait de l'appareil.

Le « scrubber » est une simple colonne à arrosage, ne contenant pas de coke, celui-ci s'imprégnerait trop rapidement de goudrons. La plupart de ceux-ci se déposent dans un vase qui précède le gazomètre et dont on retire plusieurs litres de goudron par jour.

Le gazomètre ne sert qu'à régulariser la production.

La tuyauterie vers le moteur doit être nettoyée une fois par mois, car il se dépose sur la paroi interne des tuyaux une couche mince de goudron.

Les espèces de lignite sont très diverses et le gazogène doit être construit suivant l'espèce à employer.

La couche de combustible est réglée pour que le gaz, à la sortie du générateur, ait une température d'environ 60 degrés.

Lorsque le lignite renferme beaucoup d'eau, la majeure partie en est entraînée dans le laveur, à l'état de gouttelettes, par le gaz produit.

Parfois aussi l'eau sort de la grille du générateur.

Les gazogènes à lignite peuvent fonctionner avec la tourbe et même avec les immondices des villes moyennant de légères modifications.

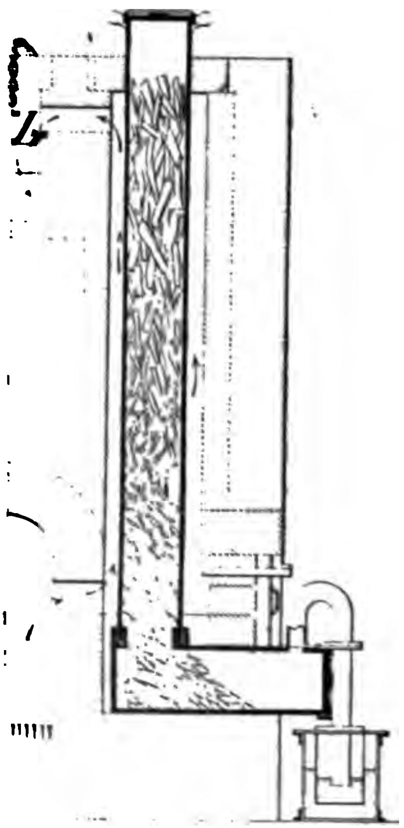
La consommation par cheval-heure est de 1.5 kilog. de lignite à 2 400 calories. Pour produire la même force avec une chaudière et une machine à vapeur, on en consommerait 4 kilogrammes.

Dans une installation de gazogène à lignite le moteur marchant à vide consomme 50 % du poids du combustible employé à pleine charge. Cela tient à la proportion d'eau contenue dans le lignite et aux pertes de chaleur par rayonnement du générateur.

Dans les moteurs à gaz de ville la marche à vide absorbe 20 %

et dans les gazogènes à anthracite 40 % de la consommation à pleine charge.

Gazogène au bois. — En ce qui concerne l'utilisation du bois, dont nous avons dit un mot au chapitre XI, deux procédés distincts sont couramment employés avec succès dans les appareils Riché, suivant qu'il s'agit de brûler le bois à l'état de bûches ou de morceaux, ou bien sous forme de copeaux, sciures, écorces, etc., constituant des déchets d'usines où se débite et se travaille le bois.



[illegible]

Gazogène à distillation. — Si le bois est à l'état de bûches, il se traite dans un gazogène formé d'un foyer et d'une cornue de distillation.

Le foyer s'alimente de houille ordinaire et sert à chauffer et à porter au rouge la cornue dans laquelle le bois frais se charge par le haut tandis que le gaz, résultat de la distillation, se dégage par le bas vers les appareils laveurs.

Le bas de la cornue est chauffé à environ 900°, tandis que dans le haut cette température se réduit à 400°.

[illegible] cornue en fonte (fig. 87) est [illegible] distillations précédentes : [illegible] partie supérieure de la cornue [illegible]

[illegible] dans une gorge

du pied de cornue, gorge qui est garnie d'un mastic spécial à base de silicate de soude et d'amiante formant joint.

Les produits de la combustion provenant du foyer se rendent par un carneau, à la partie inférieure de la gaine et portent à la température du rouge cerise (900° environ) le bas de la cornue et le charbon de bois qu'elle renferme. Ces produits de combustion montent ensuite à la partie supérieure de la gaine et portent à 400° environ la partie haute de la cornue, qui renferme le bois ou les déchets de bois à distiller. Ils se rendent ensuite par un carneau horizontal, muni d'un registre de réglage, dans un carneau collecteur qui les mène à la cheminée. Les produits de la distillation du bois, formés dans la colonne et n'ayant aucune issue vers le haut de la cornue, sont obligés de traverser la zône remplie de charbon incandescent. Les produits condensables sont ramenés à l'état de gaz permanents, l'acide carbonique en grande partie à l'état d'oxyde de carbone et l'on recueille dans le barillet, après passage à travers la trompette et le plongeur, des gaz épurés.

Un four à gaz est constitué par le groupement dans un même massif de maçonnerie, d'un certain nombre d'éléments de production identiques à celui que nous venons de décrire. Le principe même de l'appareil exige que les cornues soient verticales, qu'elles soient en fonte et non en terre réfractaire, et enfin que leur diamètre ne dépasse pas sensiblement celui de 250 millimètres, qui a été adopté en pratique. Les gaz réunis sous la cloche du ou des barillets se rendent de là au gazomètre et du gazomètre aux appareils d'utilisation.

Un kilogramme de bois, distillé avec une consommation au foyer de 400 grammes de houille de qualité moyenne ou de 1 kilogramme de bois, sciures ou déchets, fournit 700 à 800 litres de gaz de 3000 à 3300 calories au mètre cube et laisse comme résidu 200 grammes de charbon de bois.

Pratiquement, on ne traite guère pour les besoins de l'industrie que les bois du commerce contenant lors de l'abattage, de 20 à 40 % d'eau suivant l'espèce : le charme paraît en contenir le moins (18 %), tandis que l'orme et le sapin rouge en contiendraient le plus, soit environ 44 à 45 %.

Les appareils générateurs étant soufflés, le gaz est débité pression et, grâce à la constance de sa composition et à chesse, il remplace avantageusement le gaz de ville dans t ses applications à l'éclairage par incandescence, au chau des fours, au soudage, etc.

Gaz pauvre à déchets, sciure, etc. — S'il s'agit du bois à de déchets, copeaux, sciures, ou de la paille, des grig etc., on obtiendra encore un rendement élevé en gaz av générateurs auto-réducteurs du système Riché.

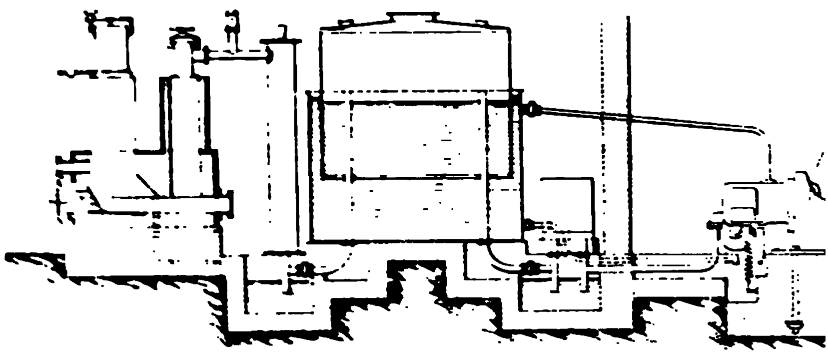


Fig. 88. — Gazogène Riché à combustion.

[illegible] (fig. 88). — Dans ce cas, le combu [illegible] combustion et non par distillation.

[illegible] est formé de deux éléments distincts : l [illegible] gazogène proprement dit où s'opère la co [illegible] trémie ou magasin de combust [illegible] s'achève, par une opération [illegible] la dissociation de [illegible] des hydrocarbures.

[illegible] d'une grille oblique [illegible] dans laquelle [illegible]

[illegible] de cette grille [illegible] vers [illegible]

[illegible]

Le gaz formé, au lieu de traverser les couches de combustible frais pour s'éliminer par le haut, se rend directement dans la colonne de réduction où il porte le coke à l'incandescence, de façon à y opérer les réactions utiles grâce à la température élevée et à une insufflation d'air secondaire. Cet air additionnel n'est du reste pas utilisé dans le cas où le combustible ne contient pas de produits de distillation.

L'expérience a démontré que la quantité de gaz à 1000 ou 1100 calories, nécessaire pour développer le cheval-heure, peut être obtenue avec 1,8 kil. de bois en copeaux et sciures contenant 30 % d'eau.

La quantité de coke correspondante, consommée dans la colonne réductrice, est insignifiante et se réduit par cheval-heure à environ 50 grammes.

Dans l'appareil à « distillation » comme dans celui à « combustion » l'expérience a démontré que la teneur en humidité du bois en bûches ou des déchets en copeaux ou sciure pouvait, sans difficulté, atteindre 60 %.

L'un et l'autre des systèmes, marchant sous pression par l'insufflation d'air que débite un ventilateur, nécessite l'emploi d'une cloche gazomètre.

Entre les appareils générateurs et le gazomètre les gaz passent par un laveur refroidisseur et par un épurateur à mousse végétale destinés surtout à retenir certaines traces de produits qui auraient pu échapper à la distillation.

Combustion renversée. — Sauf quelques exceptions, les appareils soufflés dont nous venons de parler, de même que les gazogènes à aspiration, que nous examinerons dans le chapitre suivant, fonctionnent avec des charbons anthraciteux ou avec du coke ; ils ne permettent pas l'utilisation de houilles demi-grasses, grasses ou bitumineuses.

Cette considération serait de nature à limiter l'emploi des moteurs à gaz pauvre ; aussi les constructeurs se sont attachés à rechercher des combinaisons permettant d'utiliser des combustibles quelconques dans des gazogènes construits à cet effet.

Parmi les gazogènes qui paraissent, jusqu'à présent, suscep-

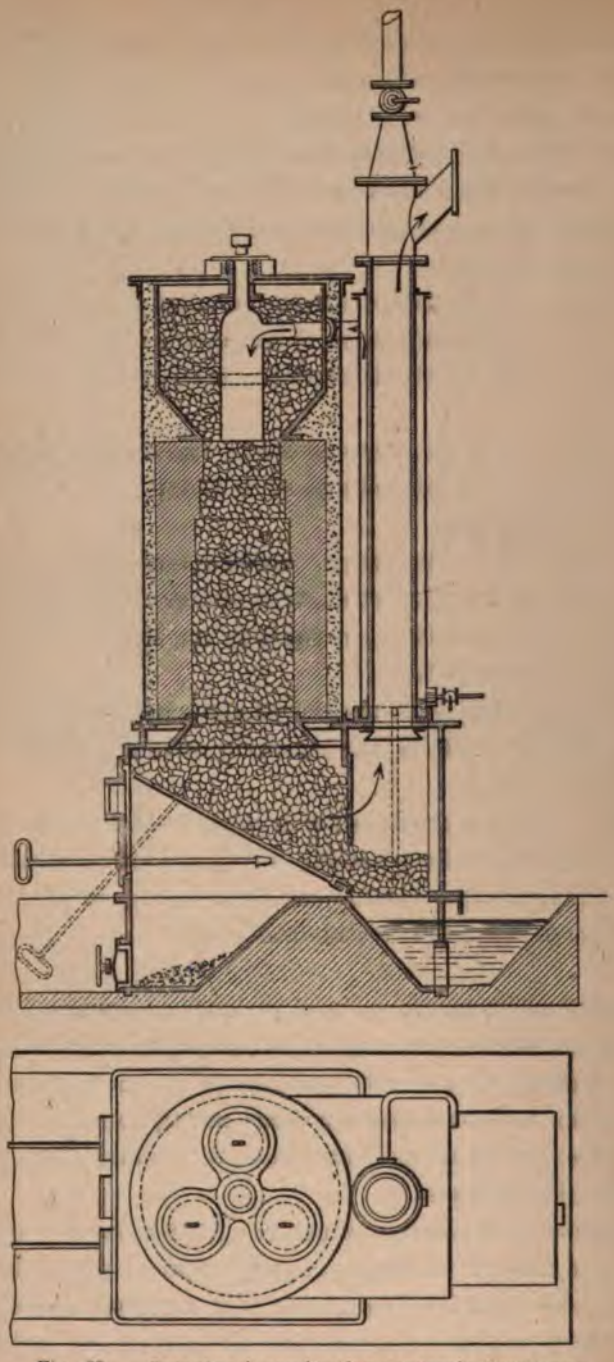
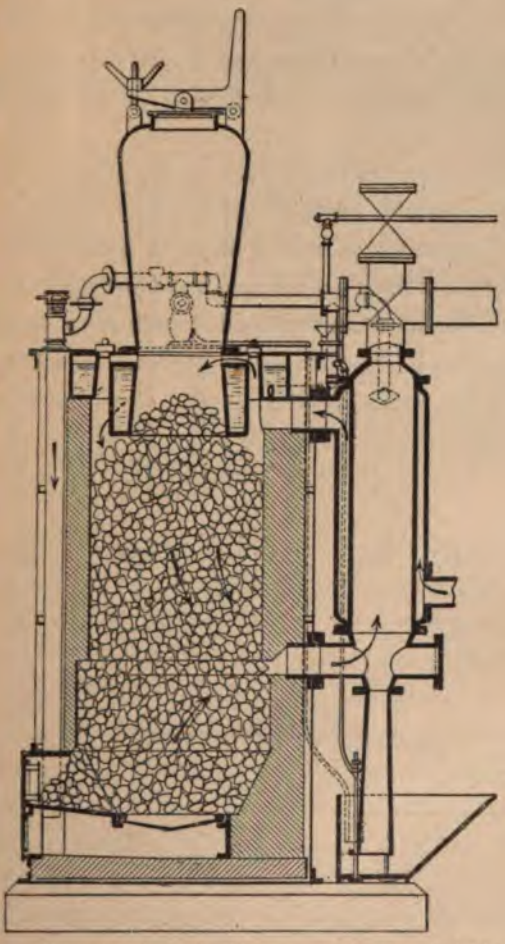


Fig. 89. — Gazogène à combustion renversée Deschamps.

ésoudre la difficulté dans une certaine mesure, se trou-
basés sur le principe de la « combustion renversée ».
areils sont des applications de l'idée d'Ebelmen, de
er les produits de distillation en les faisant passer à tra-
ouches de combustible incandescent.



90. — Gazogène à combustion renversée Faugé et Chavanon.

p d'auteurs ont classé dans la catégorie des gazogènes
stion renversée » les appareils tels que les gazogènes
waite, Duff, etc., dans lesquels cette idée se trouve

Riché emploie une masse incandescente indépendante pour réduire les produits de distillation d'une autre masse; Thwaite utilise deux cuves, jouant alternativement le rôle de cuve de distillation et de cuve de réduction; Duff aspire les produits de distillation pour les insuffler sous le foyer. Ce ne sont pas là, à proprement parler, des opérations de « combustion renversée. »

Les appareils Deschamps fig. 89) et Fangé et Chavanon (fig. 90) sont, au contraire, des gazogènes dans lesquels la combustion est « réellement » renversée et s'opère de cette façon continuellement.

L'air arrive à la partie supérieure de la cuve, traverse toute la masse de combustible, entraînant avec lui les matières volatiles distillées, et le mélange arrive dans la zône incandescente où s'opèrent les réactions chimiques ayant pour résultat de produire des gaz entièrement débarrassés des goudrons et autres impuretés.

CHAPITRE XIII

GAZOGÈNES PAR ASPIRATION

Le coût élevé et la complication des installations de gazogènes sous pression dont nous venons de parler, ont conduit les constructeurs à chercher à produire d'une autre façon le gaz pauvre destiné à l'alimentation des moteurs.

Pour simplifier le mode de production du gaz pauvre, quelques tentatives louables, quoique sans grand succès immédiat, furent faites par certains inventeurs au nombre desquels nous citerons MM. Benier et A. Taylor, en France.

Avantage de ces appareils. — Dans ces systèmes, le soufflage du générateur par un injecteur d'air ou un ventilateur a été remplacé par l'aspiration produite par le moteur même, de sorte que le gaz, au lieu d'être sous pression et ainsi emmagasiné dans un gazomètre est en dépression dans les appareils.

Le dispositif de soufflage par chaudière ou par ventilateur et le gazomètre n'existant plus, il en résulte une économie d'emplacement, de frais d'installation et de consommation.

De plus, les appareils de refroidissement et de lavage sont remplacés par un simple laveur.

Les constructeurs sont parvenus à combiner des dispositifs qui se distinguent par la simplicité des procédés employés et qui donnent des résultats économiques qu'on chercherait vainement à atteindre à l'aide des gazogènes soufflés avec gazomètres et chaudières, si on considère que l'alimentation de cette dernière seule implique une consommation de 15 à 30 % du charbon total employé pour faire le gaz.

Les meilleurs résultats que nous ayons obtenus avec les gazogènes soufflés n'ont guère accusé moins de 450 à 550 grammes d'anthracite consommé par cheval-heure au moteur, alors qu'à conditions égales et avec une même qualité de combustible, nous avons trouvé à diverses reprises, avec les gazogènes fonctionnant par aspiration, de 330 à 400 grammes par cheval-heure effectif.

Dans l'un et l'autre cas, la qualité du gaz obtenu restait dans les limites de 1 100 à 1 300 calories par mètre cube produit, avec du charbon anthraciteux de 7 500 à 8 000 calories par kilogramme brut.

Les appareils par aspiration s'accommodent très bien de ce charbon contenant jusqu'à 6 à 8 % de matières volatiles et 8 à 10 % de cendres.

Cet avantage énorme, joint à tous les autres, explique la faveur que les industriels, en Europe, ont tout de suite accordée aux gazogènes par aspiration.

Le moteur à pétrole lui-même trouve, dans le système nouveau, un sérieux concurrent.

Pour fixer les idées, nous pourrions prendre l'exemple d'un pays industriel où les deux combustibles, pétrole et charbon maigre, sont également bon marché. Soit, par exemple, la Belgique où le pétrole lampant revient à $0^{fr},15$ le litre et le charbon maigre moyennement à 25 francs la tonne. Nous verrons que 10 heures de marche à pleine charge d'un moteur de 15 chevaux, s'il est alimenté de pétrole à raison de 0,400 litre par cheval-heure, coûteront :

$$0{,}15 \times 10 \times 15 \times 0{,}4 = 9 \text{ francs},$$

tandis qu'à conditions égales, la consommation de houille étant de 0,450 kg. maximum par cheval-heure, le coût serait réduit à :

$$0{,}025 \times 10 \times 15 \times 0{,}45 = 1{,}69 \text{ franc.}$$

soit 18,8 % du coût précédent.

La différence de consommation au bout de 300 jours ouvrables constituerait une économie de :

$$300(9 - 1{,}69) = 2\,193 \text{ francs},$$

somme qui représente en Europe la valeur même d'un gazogène de 15 à 25 chevaux.

Quant à la possibilité d'employer les gazogènes par aspiration, en raison des qualités un peu spéciales du combustible, disons tout de suite qu'il s'accommode fort bien du coke d'usine à gaz de 6000 à 6500 calories et du charbon de bois.

Le cheval-heure s'obtient avec le coke à raison de 500 à 600 grammes.

Le coke métallurgique peut servir à la rigueur, mais il n'est pas à conseiller à cause des sulfures qu'il contient et qui, entraînés par le gaz, peuvent, avec la vapeur, former de l'acide sulfurique dont l'action corrosive ne tarderait pas à ronger le cylindre et les autres organes intéressants du moteur.

Qualités du combustible. — Le charbon anthraciteux est en somme, jusqu'à présent, le combustible par excellence pour les gazogènes. Il doit cependant posséder certaines qualités que nous allons résumer.

Dans les gazogènes aspirés, surtout, il importe de ne pas opposer au passage de l'air et du gaz produit, de résistance nuisible. Il faut donc employer des dimensions de houilles telles qu'elles se concilient avec cette condition et la nécessité de ne pas coûter trop cher.

La dimension des morceaux influe, en effet, sur le prix, et à qualité égale, les morceaux de 30 à 50 millimètres peuvent coûter 1,4 du prix ordinaire de la dimension 15/25 qui convient très bien pour les générateurs ; c'est la grosseur d'une noisette.

On choisira de plus les houilles les plus maigres contenant le minimum de matières volatiles et n'ayant pas de tendance à *cokifier* ou à s'agglutiner afin qu'elles n'obstruent pas, par la distillation, les intervalles par où les gaz ont à se frayer passage.

Pour les mêmes raisons, les houilles qui se désagrègent et se pulvérisent sous l'action du feu sont nuisibles.

Il ne faut pas non plus qu'elles forment des voûtes pouvant enrayer le tassement naturel du combustible pendant qu'il se consume.

On peut admettre avec un charbon non agglutinant que le

maximum de teneur en matières volatiles ne doit pas dépasser 5 à 8 %.

Les houilles contenant plus de 10 à 15 % de cendres paraissent devoir être rejetées parce qu'elles encombrent et obstruent le générateur dans lequel, il ne faut pas le perdre de vue, la chute et l'élimination des scories se font automatiquement. Le nettoyage du feu ne peut impunément se faire dans un semblable foyer, où la combustion s'opère en vase clos, sans entraîner de perturbation dans la production du gaz.

Ici encore se place une observation qui fera conclure en faveur du gazogène par aspiration.

Dans un bon générateur, le nettoyage du cendrier et le piquage du feu même, peuvent se faire sans suspendre le dégagement du gaz aspiré et sans nuire sensiblement à sa qualité.

Ces considérations intéressent directement le gazogène même. Il y en a quelques autres qui touchent plutôt le moteur qu'il alimente et qui sont une conséquence de la qualité du charbon et de l'épuration du gaz qu'il distille.

A moins de recourir à des nettoyeurs et à des épurateurs chimiques spéciaux qui compliquent les installations, il faut que les houilles employées produisent le moins de goudron possible à la distillation, car la présence de celui-ci dans les tuyaux qu'il engorge et les soupapes qu'il obstrue est une des principales causes de mauvais fonctionnement des moteurs à gaz pauvre.

Il change la bonne proportion du mélange tonnant et, lorsqu'il prend feu dans le cylindre, produit des allumages prématurés si dangereux dans les gros moteurs.

De ce qui précède il résulte, que dans l'état actuel de la question, la bonne marche des gazogènes n'est plus exclusivement liée à l'emploi d'anthracites purs comme ceux de Pensylvanie en Amérique ou du Pays de Galles en Angleterre, dont la teneur en carbone atteint 90 à 94 %, et le pouvoir calorifique 8450 calories, mais que les bonnes houilles maigres de 7500 à 8000 calories conviennent parfaitement.

Ce qui achève de rendre pratiques les installations de gazogène et moteur par rapport aux machines à vapeur, c'est la faible quantité d'eau qu'elles exigent.

Indépendamment de celle destinée au refroidissement du moteur et qui peut être continuellement réutilisée, on peut employer n'importe quelle eau, incrustante ou non, pour le lavage du gaz dans le *scrubber*.

De l'expérience personnelle de l'auteur, en moyenne une quinzaine de litres d'eau par cheval-heure effectif suffisent à cet usage. C'est à peu près la moitié de ce qu'exige une machine à vapeur à tiroir et sans condensation de 15 à 30 chevaux, ce qui entre en considération pour les installations dans les villes où l'eau se paie généralement assez cher.

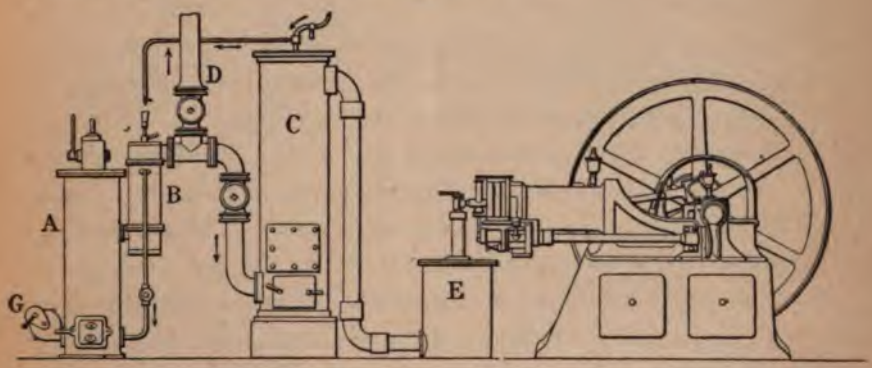


Fig. 91. — Moteur et gazogène par aspiration.

Disposition d'ensemble. — Une installation de gazogène par aspiration du type qui nous occupe est représentée à la figure 91.

L'appareil A est le générateur proprement dit dans lequel s'opère la combustion. Le gaz dégagé passe dans l'appareil B à travers un faisceau tubulaire pour se rendre au laveur C. Dans l'appareil B qui est le vaporisateur, l'eau alimentée à air libre par le haut, se vaporise au contact du faisceau que chauffe le gaz sortant du générateur. La vapeur est aspirée avec l'air dans le bas du générateur pour l'alimentation du feu. Ce vaporisateur est muni d'un trop-plein pour éliminer l'eau qui n'est pas évaporée.

La conduite de gaz pauvre qui va du vaporisateur au laveur, porte une tubulure D qui permet d'évacuer à l'air libre le gaz qui se produit momentanément avant et après la marche du moteur.

Dans le laveur, ainsi que le montre la figure, le gaz entre par dessous et sort par en haut pour se rendre dans le pot de détente E du gaz ; de là au moteur.

Il traverse ainsi la masse de coke en sens contraire de l'eau de lavage qui s'écoule ensuite à l'égout.

Le coke et l'eau retiennent non seulement la poussière d'entrainement, mais encore l'ammoniaque et d'autres impuretés que le gaz contient.

Lors de l'allumage du générateur, on se sert d'un petit ventilateur à main G, à l'aide duquel on insuffle de l'air pour activer le feu. Les premiers gaz ainsi formés et qui sont impropres à la combustion sont évacués par le tuyau de dégagement D jusqu'au moment où, après 10 à 15 minutes de soufflage, on puisse mettre le moteur en marche après avoir fermé le tuyau D. L'aspiration par le moteur même établit alors, peu à peu, le régime de la marche normale, et après 1/4 d'heure ou une demi-heure, le gaz est suffisamment riche pour alimenter le moteur à pleine charge.

L'appareil que nous venons de décrire est le type initial qui a servi de point de départ aux perfectionnements réalisés, tant sous le rapport de la régularité de la production que de la possibilité d'obtenir la mise en marche du moteur à pleine charge dans le minimum de temps qui suit la mise à feu du générateur.

Chacun des éléments de ces appareils savoir : *générateur*, *vaporisateur*, *surchauffeur*, *laveurs*, *épurateurs*, a été l'objet de transformations et de perfectionnements plus ou moins heureux de la part des constructeurs et, dans le but de permettre au lecteur de discerner les avantages et les inconvénients des diverses dispositions adoptées, nous examinerons les plus importantes séparément.

GÉNÉRATEURS

Au point de vue de la disposition d'ensemble, les générateurs peuvent se diviser en deux catégories :

1° Les générateurs munis d'un vaporisateur intérieur, entre autres :

Générateur Otto-Deutz.
» Wiedenfeld.

2° Les générateurs à vaporisateur extérieur, entre autres :

Générateur Taylor.
» Bollinckx.
» Pintsch.
» Kiderlen.
» Benz.
» Wiedenfeld.
» Hille.
» Gœbels.

Corps cylindrique. — Le générateur est essentiellement composé d'une enveloppe en tôle ou en fonte contenant la garniture réfractaire formant cornue, la grille et le cendrier.

Pour les appareils de petite dimension, l'enveloppe en fonte est couramment employée, tandis que pour les grands appareils, dans le but d'en réduire le poids et le prix, on la construit en tôle rivée.

Dans ce dernier cas, les garnitures sont rapportées, rivées ou boulonnées.

Les générateurs Winterthur (fig. 92 et 93) et Taylor (fig. 94) et Benz (fig. 97) sont en fonte ; les Wiedenfeld (fig. 95), Pintsch (fig. 96), sont en tôle ; le générateur Bollinckx (fig. 98) est construit partiellement en tôle et partiellement en fonte.

Les différentes parties d'un générateur s'assemblent, si elles sont en tôle, par les cornières formant brides, avec interposition

d'un joint : si elles sont en fonte, l'assemblage se fait par embo tements garnis d'amiante comprimé.

Ce dernier assemblage présente l'avantage d'un démontag facile, il permet la libre dilatation des différentes parties, et so

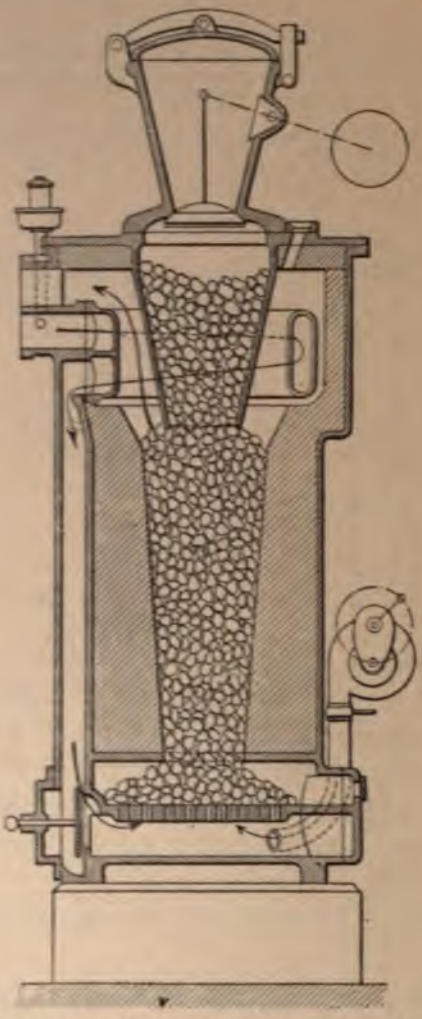


Fig. 92. — Générateur Winterthur (ancien type).

étanchéité est aisée à assurer ; ce point est excessivement im tant surtout pour les joints qui se trouvent au-delà de la de distillation du combustible. Toute rentrée d'air par jo nts aurait, en effet, pour conséquence d'appauvrir le gaz

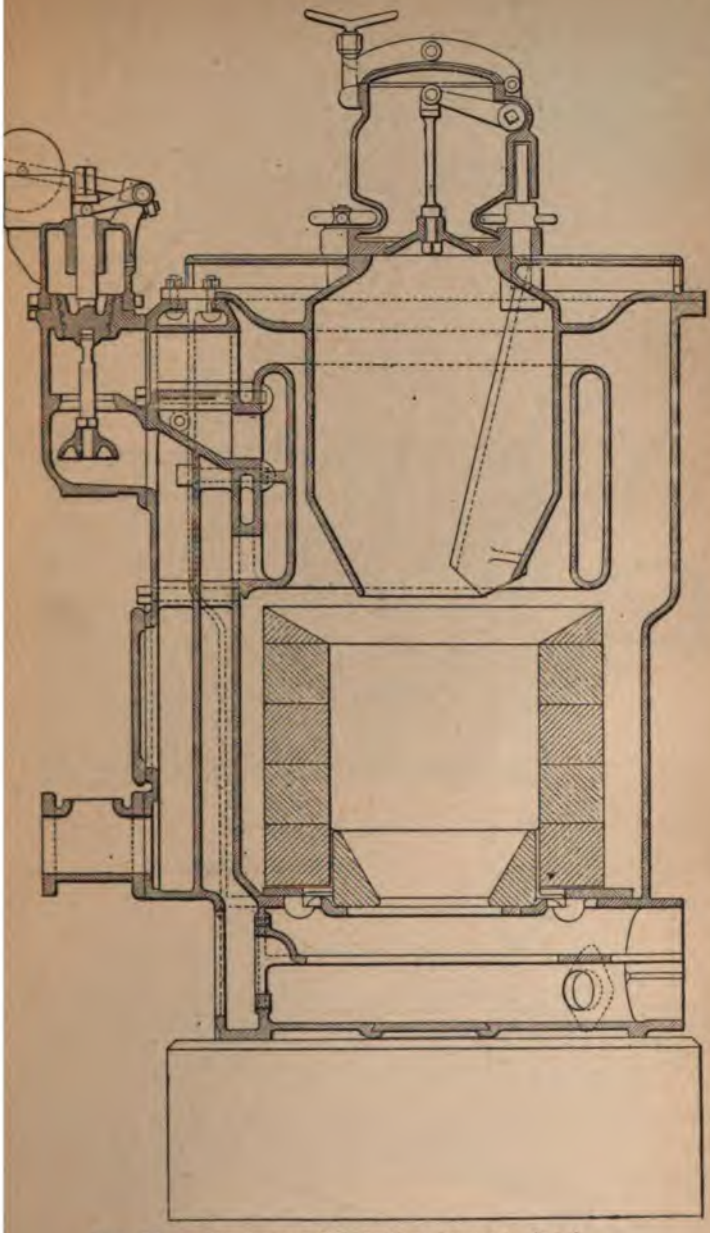
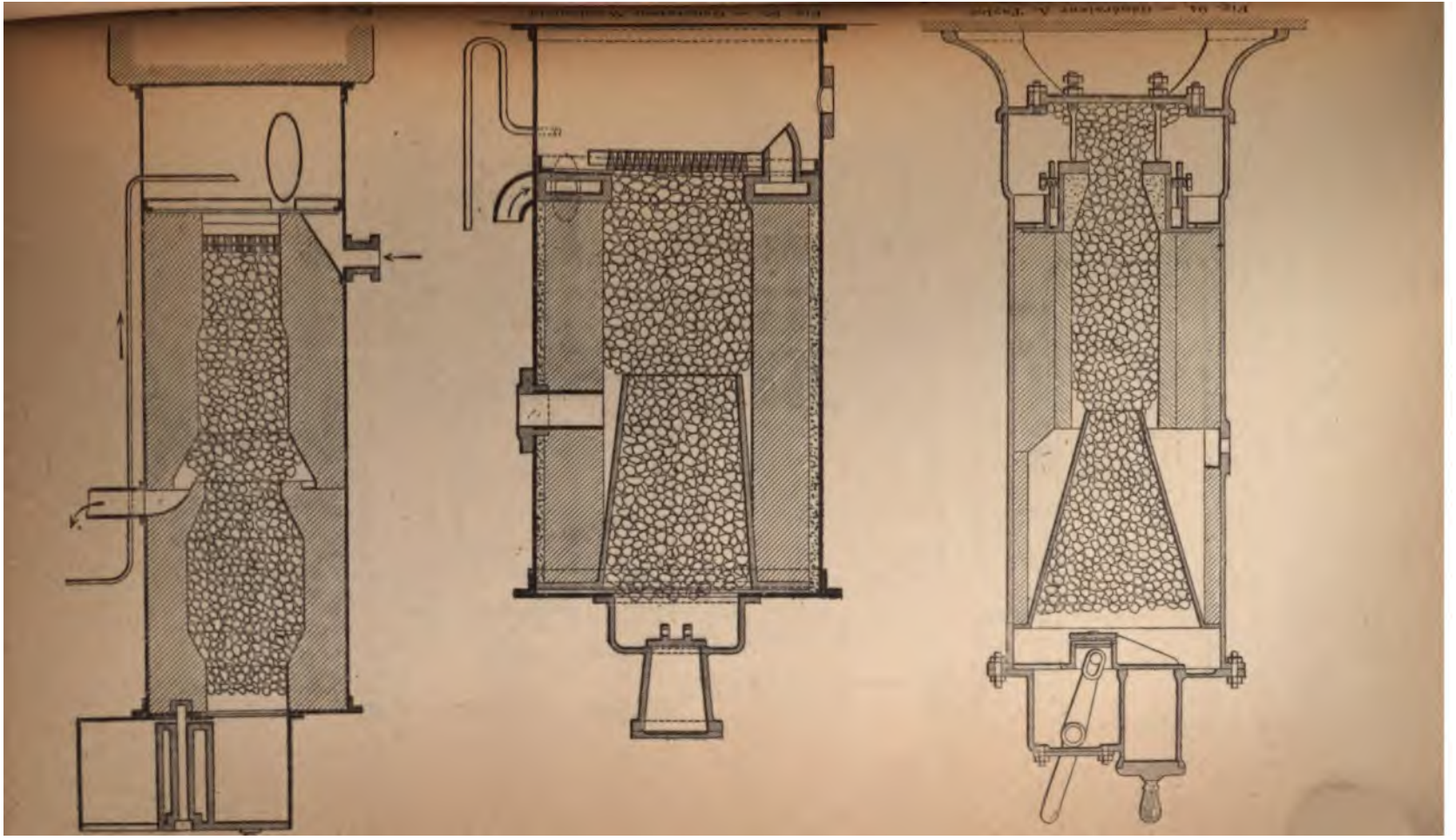


Fig. 93. — Générateur Winterthur (nouveau type).



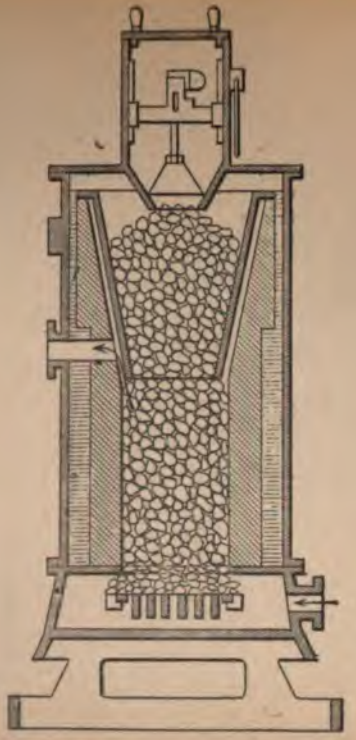


Fig. 97. — Générateur Benz.

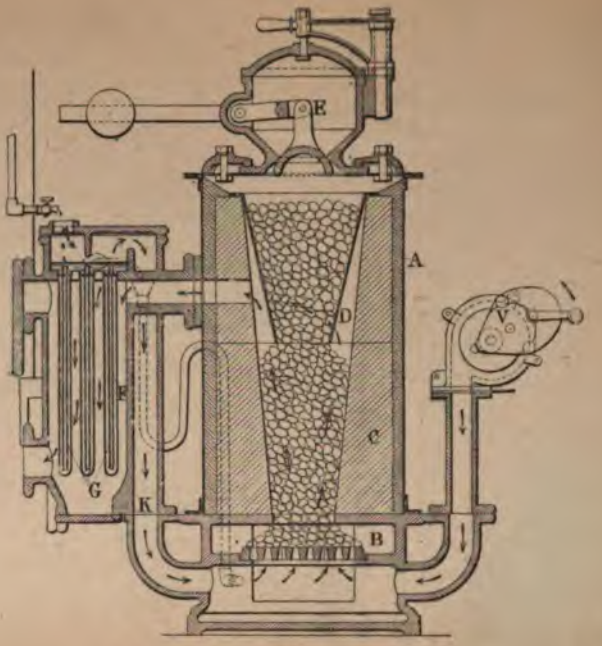


Fig. 98. — Générateur Bollinckx.

par simple mélange, soit par combustion. Elle pourrait en outre constituer un mélange détonnant susceptible de s'enflammer, par suite d'un allumage prématuré au moteur pendant l'aspiration ou pour toute autre cause.

Chemise réfractaire. — Le revêtement intérieur du générateur doit être fait en terre réfractaire de première qualité; il paraît préférable, au point de vue de la facilité des réparations, d'employer des cornues faites en éléments assemblés et non des cornues en une seule pièce.

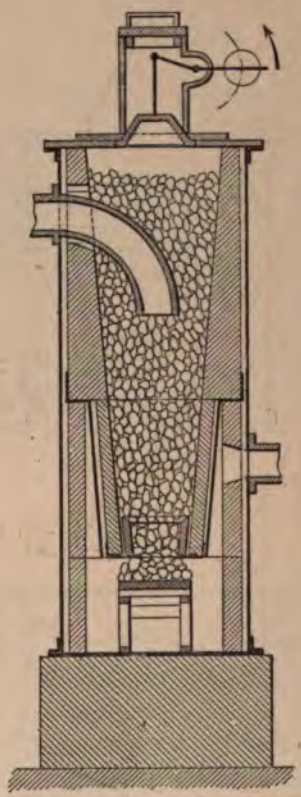


Fig. 99. — Générateur Lencauchez.

Dans le premier cas, l'assemblage doit être fait de préférence au moyen de ciment volcanique réfractaire et la surface intérieure, recouverte d'un enduit formant un tout monolithe.

Certains constructeurs, en vue de permettre le remplacement

de la partie la plus exposée à se brûler, disposent à la base de la cuve une pièce annulaire, moulée en terre réfractaire. [Lencauchez (fig. 99)].

Il est toujours bon de disposer, entre l'enveloppe du générateur et la chemise réfractaire, une couche de matière calorifuge telle que de l'amiante ou du sable, afin d'éviter le plus possible les pertes de chaleur par rayonnement extérieur (fig. 100).

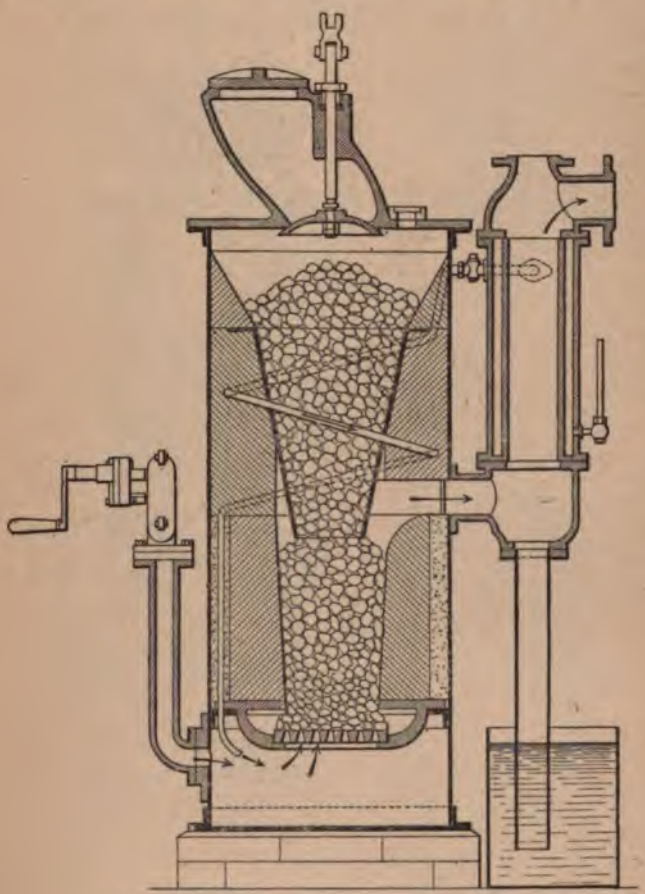


Fig. 100. — Générateur Gœbels.

Grille et support de la chemise. — Ces pièces sont exposées à une détérioration rapide, par suite du contact des cendres et des mâchefers incandescents.

Aussi est-il indispensable qu'elles soient amovibles et d'un accès facile pour permettre de les remplacer éventuellement.

Les grilles formées de barreaux indépendants paraissent, à ce point de vue, préférables. L'écartement à adopter pour ces bar-

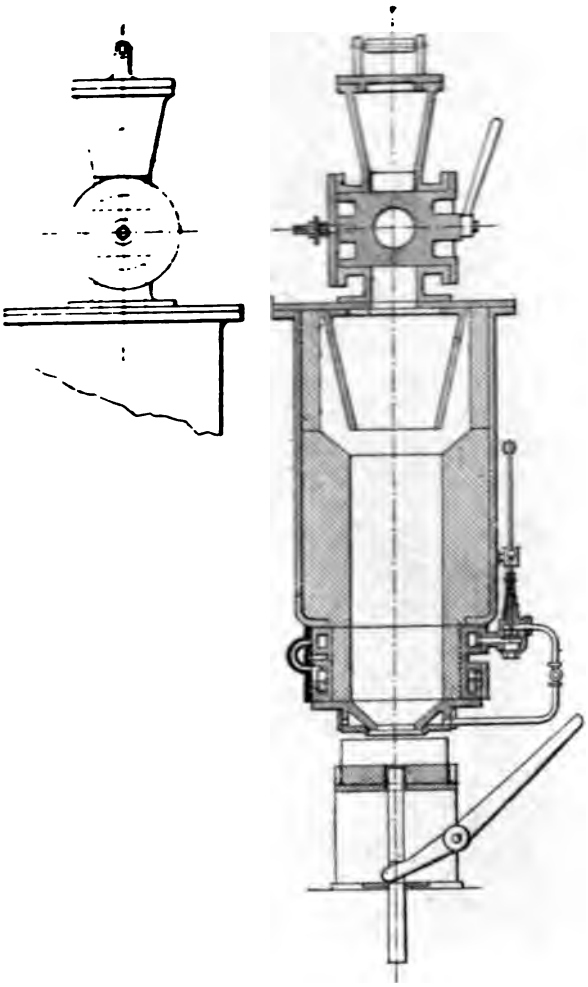


Fig. 101. — Générateur Pierson.

reaux, dépend nécessairement de la nature des cendres produites par les différentes qualités de combustible. Il est bon de construire la grille de telle façon que le passage libre pour l'air représente environ 60 à 70 % de la surface totale.

Dans les générateurs dont le cendrier forme cuvette contenant de l'eau (fig. 93), les grilles et la base de la cornue sont moins exposées à être brûlées que dans ceux à cendrier sec.

Certains appareils comme le Lencauchez (fig. 99), le Pierson (fig. 101) et le Taylor (fig. 94), ne sont pas munis de grilles; le

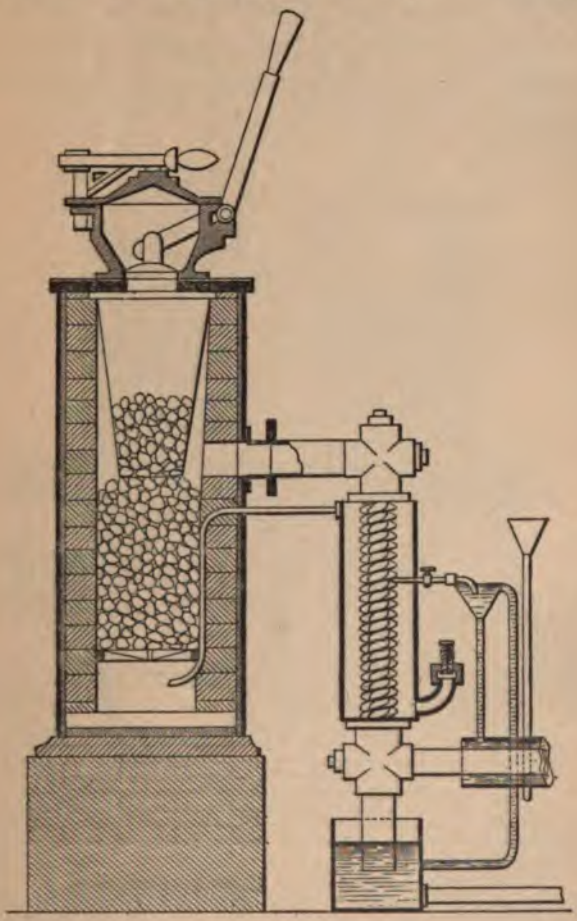


Fig. 102. — Générateur Kiderlen.

combustible est maintenu dans la cornue par les cendres qui s'étalent en cône à la base, sur une tôle accessible pour le nettoyage et descendent graduellement.

Le générateur Pierson (fig. 101) est muni, en guise de ringard, d'une broche centrale qui, manœuvrée à l'aide d'un levier,

permet de piquer le feu par le dessous sans étendre à l'excès le cône de cendres.

Dans un certain nombre d'appareils munis de grille (fig. 92), il existe un intervalle entre celle-ci et le support de la cornue.

Cette disposition paraît avantageuse en ce sens qu'elle contribue à ne laisser passer dans le cendrier que les cendres complètement brûlées et à l'état pulvérulent. Elle permet en outre d'employer une grille à grande surface, favorable au passage du mélange d'air et de vapeur.

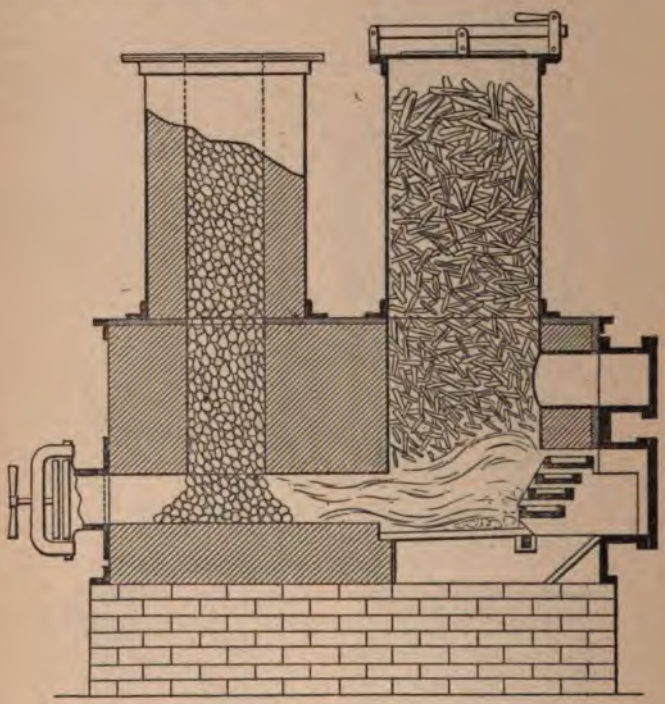


Fig. 103. — Générateur Riché à combustion.

L'intervalle en question est muni d'une porte de nettoyage pour l'extraction des mâchefers et des scories.

Dans d'autres appareils la grille repose soit sur le support de la chemise réfractaire, [Wiedenfeld, ancien modèle (fig. 93)], soit une taque logée dans cette chemise : [Kiderlen (fig. 102), Pintsch (fig. 96)].

Dans l'appareil Riché (fig. 103) outre la grille ordinaire, il existe

lle étagée sur laquelle s'étale le combustible. Cette grille
ıée de larges barreaux à cuvette contenant de l'eau. Il est
que cet appareil fonctionne sous pression.

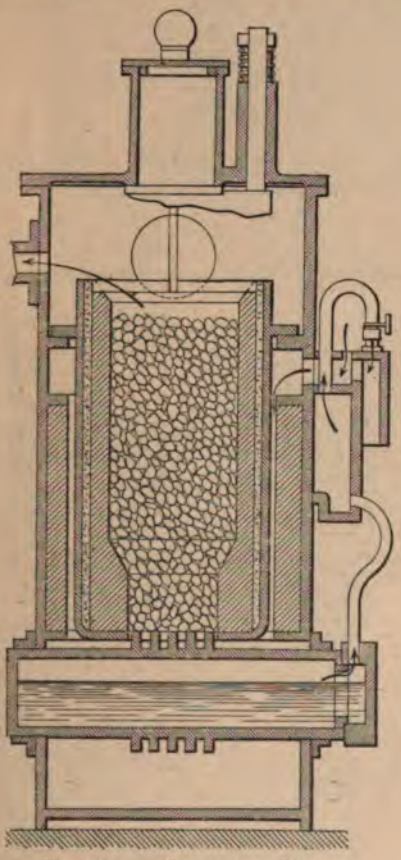


Fig. 104. — Générateur Bénier.

disposition intéressante se trouve réalisée dans le gazo-
énier (fig. 104) ; elle consiste en une grille formée de saillies
de fonte autour d'un cylindre qu'on peut faire tourner
axe. Les cendres pulvérulentes, logées dans les creux de
lies, sont ainsi entraînées dans le cendrier et celles qui
aient au métal en sont détachées par un peigne métallique
a partie inférieure de l'appareil.
énérateur Phénix (fig. 105) est pourvu d'une grille à dé-
e mécanique qui se manœuvre par un levier extérieur.

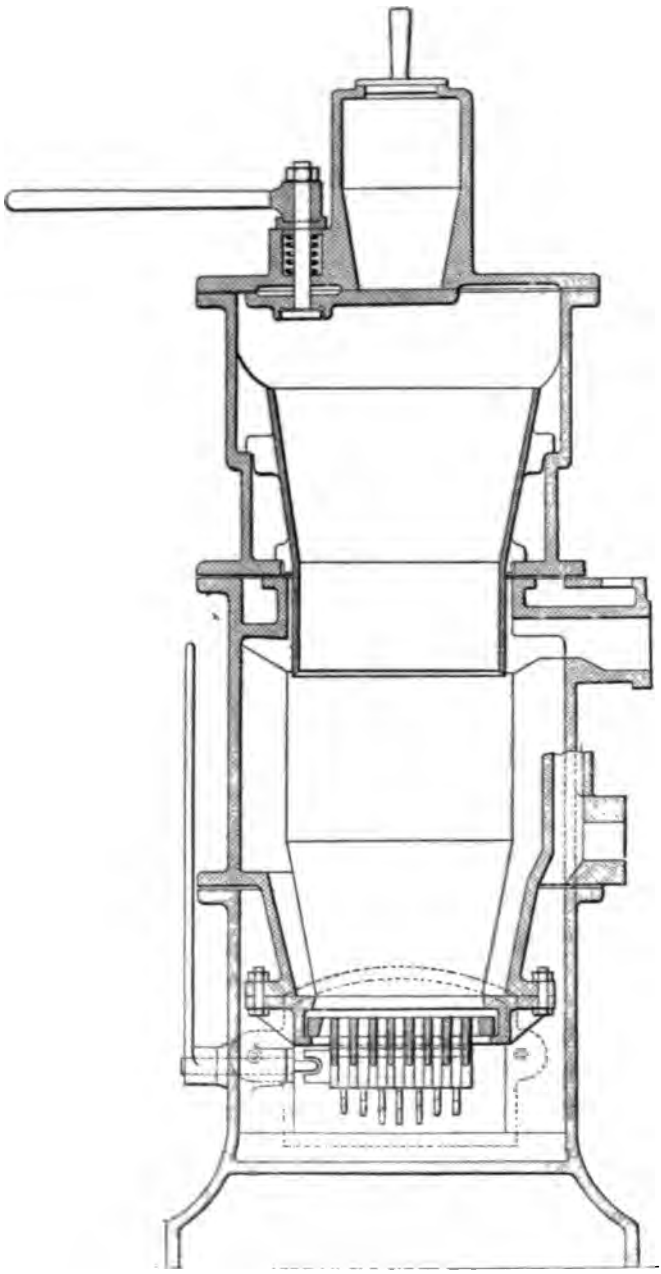


Fig. 105. — Générateur Phénix.

Cendrier. — Les cendriers sont exposés à l'action destructive de la chaleur et de l'humidité et doivent de préférence être construits en fonte, la tôle étant susceptible de se corroder rapidement.

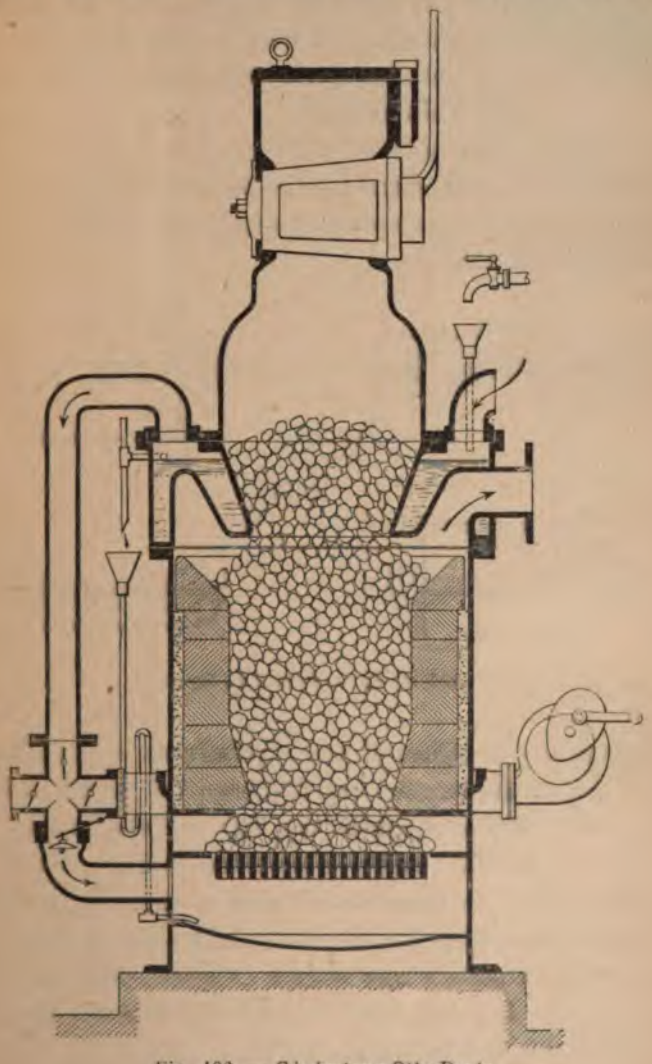


Fig. 106. — Générateur Otto-Deutz.

Dans la plupart des appareils, les cendriers sont fermés hermétiquement et l'air alimentaire arrive sous la grille par un tuyau venant du réchauffeur ou du vaporisateur. Cette disposition paraît la meilleure pour combattre les émanations de gaz qui ont

tendance à se produire par réaction après chaque aspiration du moteur.

Les cendriers formant cuvette d'eau tels que le Deutz (fig. 106), le Wiedenfeld (fig. 95), le Bollinckx (fig. 98) sont alimentés par le trop-plein s'écoulant de l'appareil d'évaporation. Ils sont pourvus eux-mêmes d'un trop-plein constitué par un tube en siphon formant joint hydraulique.

Outre l'action protectrice de cette nappe d'eau sur les grilles et les autres pièces, une grande partie de la chaleur rayonnante du foyer se trouve utilisée pour la production de vapeur qui contribue à enrichir le gaz.

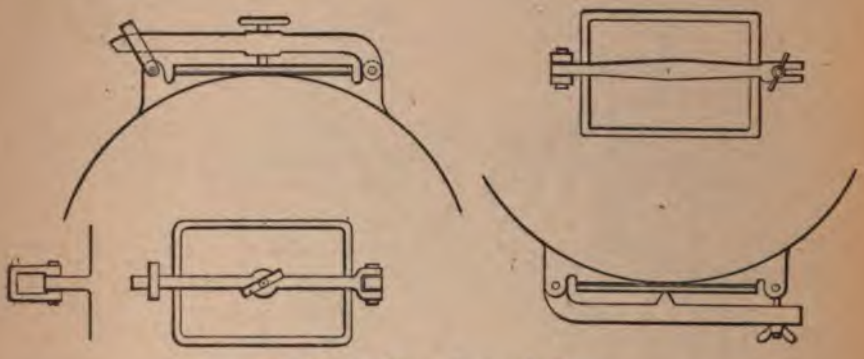


Fig. 107 et 108. — Portes de foyer.

Les portes des cendriers et leurs garnitures sont également exposées à une détérioration rapide. Aussi ces pièces doivent-elles être très robustes et construites, soit en fonte, soit en acier fondu. Elles doivent en outre, à la surface jointive, former un assemblage étanche, obtenu en dressant soigneusement les parties du cadre et de la porte proprement dite, ou en ménageant dans l'une de ces portées une ornière en queue d'hironde, dans laquelle on tasse de l'amiante, alors qu'une saillie tranchante est ménagée dans la portée correspondante.

Les pivots des charnières doivent également être ajustés avec soin, de façon à ce que les portées jointives de la porte ne gauchissent pas. Les charnières à axe horizontal paraissent à ce point de vue préférables à celles à axe vertical.

Comme mode de fermeture la disposition ci-contre (fig. 107),

paraît susceptible de *faire porter* dans les meilleures conditions les surfaces jointives ; elle consiste en un étrier qui recouvre la porte et qui d'une part pivote autour de la charnière, tandis qu'il est engagé d'autre part dans une bride mobile. Une vis fixée dans l'étrier permet de serrer la porte par son milieu. On peut également disposer la vis latéralement (fig. 108).

Il est très utile de ménager dans chaque porte un trou qui se ferme par un tampon étanche et par lequel on puisse passer un outil pour décrasser la grille.

De cette façon on pourra effectuer cette opération sans ouvrir les portes et sans provoquer des rentrées d'air nuisibles.

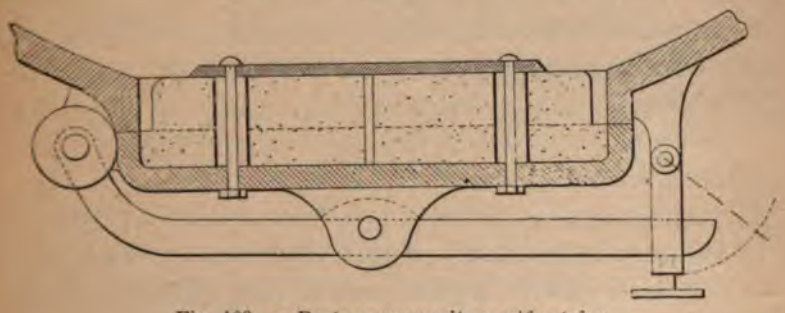


Fig. 109. — Porte avec garniture réfractaire.

La porte de foyer particulièrement doit être munie d'une contre-plaque en fer retenue par des boulons à buselure (fig. 109), ou, mieux encore, elle doit être construite de telle façon qu'on puisse la garnir de pièces réfractaires la protégeant contre le rayonnement du feu.

Boîte de chargement. — De même que les autres organes du générateur, dont nous venons d'examiner la construction, la boîte de chargement doit être parfaitement étanche afin de prévenir les rentrées d'air.

En vue de la sécurité surtout, on doit préconiser les dispositifs à double fermeture, constituant une sorte d'antichambre grâce à laquelle le chargement du générateur se fait en deux opérations. La première implique le remplissage de l'antichambre après ouverture de l'obturateur extérieur ; ensuite après fermeture de celui-ci, la seconde opération consiste à faire tomber dans le

générateur, par la manœuvre de l'obturateur intérieur, le combustible ainsi emmagasiné. Nous avons invoqué la raison de sécurité parce qu'il arrive fréquemment, avec des appareils à un seul obturateur, qu'une brusque rentrée d'air dans le générateur, lors du chargement, y produit une explosion dangereuse pour l'ouvrier qui opère la manœuvre.

Pour les grands appareils il est bon d'adapter aux mouvements de fermeture un dispositif qui s'oppose à l'ouverture simultanée des deux clapets.

L'obturateur est en général un simple couvercle amovible ou mobile autour d'une charnière à axe horizontal ou vertical.

En ce qui concerne l'obturateur intérieur dont le rôle est le plus important au point de vue de l'étanchéité, on emploie couramment trois types caractéristiques de fermeture :

1° Le clapet.

2° Le tiroir.

3° Le robinet.

Clapets. — Il sont formés d'un disque conique ou en forme de calotte sphérique se manœuvrant de haut en bas au moyen d'un levier avec contrepoids de réglage. [Winterthur (fig. 92), Bollinckx (fig. 98)].

Ce dispositif, agissant comme fermeture autoclave, assure l'étanchéité en dépit de l'usure ; en outre, il présente l'avantage d'éparpiller uniformément le combustible dans le générateur lors de la manœuvre, mais il présente l'inconvénient de ne permettre ni l'examen ni le piquage du combustible par la boîte de chargement.

Dans les appareils munis de ce genre de clapet il est donc à recommander de ménager à la partie supérieure du générateur des trous de piquage fermés par un obturateur étanche.

Tiroir. — Ce genre de fermeture consiste en une plaque métallique dressée, mobile au dessous de la boîte de chargement proprement dite. Cette pièce se manœuvre aussi de l'extérieur. On conçoit que le moindre jeu, l'usure du pivot, le poids de la charge, ont pour conséquence de laisser entre la plaque et son

siège un intervalle par lequel des rentrées d'air peuvent se produire.

De plus la manœuvre peut en être compromise dans le cas où le générateur est chargé à l'excès.

Le tiroir peut se déplacer parallèlement à lui-même ou pivoter autour de l'axe de manœuvre.

Les appareils Taylor (fig. 94), Bénier (fig. 104), sont munis de tiroirs.

Le générateur Pintsch (fig. 96) est muni d'un dispositif qui n'est pas un tiroir proprement dit, mais qui est formé de deux boîtes mobiles autour d'un axe vertical et qu'on place alternativement au dessus de la cuve pour effectuer le chargement.

Ce système ne forme qu'une simple fermeture mais les explosions sont peu à craindre avec cet appareil, par suite de la grande hauteur de combustible comprise entre l'ouverture de chargement et la zône de production du gaz.

Robinet. — Ce dispositif est appliqué notamment dans les appareils modernes de la Société Otto-Deutz (fig. 106), et le générateur Pierson (fig. 101). Il consiste en un grand cône en fonte muni d'une clé de manœuvre et percé d'un orifice. Le cône se meut dans un boisseau formé par la boîte de chargement.

Ce système présente certains avantages par suite de sa simplicité et de sa facilité de démontage pour le nettoyage. Il permet en outre le piquage direct du combustible à travers la trémie de chargement. Toutefois il faut observer que dans les grands générateurs la manœuvre devient difficile. Dans les appareils munis d'un robinet, on dispose utilement sur le couvercle extérieur une lunette en mica par laquelle on peut sans danger vérifier l'état du combustible.

Trémie. — Au dessous de la boîte de chargement se trouve disposée, en général, une trémie tronconique vers le bas. Cette partie du générateur ne doit jouer que le rôle de magasin de combustible. Elle peut donc être en fonte et elle a l'avantage d'être amovible, facilement remplaçable et de permettre ainsi un accès facile de la cornue en vue de la vérifier ou de la réparer.

L'espace annulaire extérieur à cette trémie constitue habituellement la chambre de dégagement du gaz produit, [appareils Winterthur (fig. 92), Bollinckx (fig. 98), Taylor, (fig. 99)].

Dans les générateurs à cuve d'évaporation intérieure, cette cuve constitue elle-même la trémie. [Deutz (fig. 106), Wiedenfeld (fig. 95)].

Assemblage. — Pour la facilité du nettoyage à fond de la cornue, on préconise les boîtes de chargement et les trémies, amovibles. C'est le cas pour les appareils genre Bollinckx (fig. 98), dans lesquels la boîte est fixée par sa bride sur le générateur au

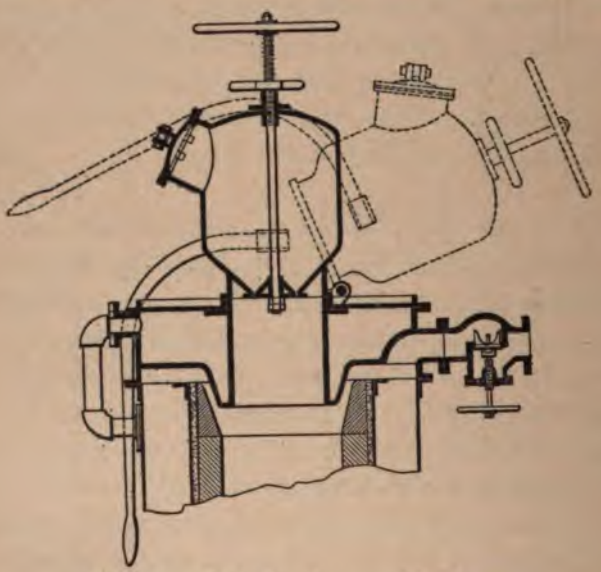


fig. 110. — Boîte de chargement Duplex.

moyen de clames à boulons ; et pour les appareils genre Winterthur (fig. 92), à boîte pivotant suivant un axe vertical, ou genre Duplex (fig. 110), dont la boîte peut basculer autour d'une charnière horizontale.

Alimentation d'air. — Nous avons vu que la production du gaz, lors de la mise en marche du générateur, est obtenue au moyen d'un ventilateur. Celui-ci peut être conduit mécaniquement, mais en général il est manœuvré à la main.

Habituellement, l'air insufflé est amené par un tuyau débouchant dans le cendrier, [Winterthur (fig. 92)] ; souvent aussi le tuyau d'amenée d'air est directement branché sur celui qui va de

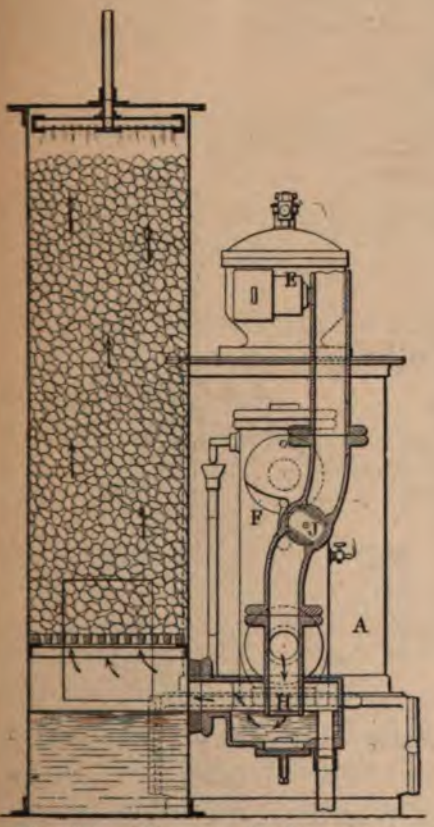


Fig. 111. — Cheminée de dégagement et scrubber Bollinckx.

Fig. 112. — Cheminée de dégagement et réchauffeur d'air Winterthur.

l'évaporateur au cendrier, [Deutz (fig. 106)]. Dans ce cas un jeu de valves ou clapets permet d'isoler le ventilateur ou de le mettre en rapport avec le cendrier.

Dans certains appareils il existe une entrée d'air dans le voisinage immédiat du cendrier ; cette disposition est vicieuse parce qu'elle donne lieu à des émanations de gaz qui se produisent par réaction après chaque aspiration du moteur. Il y a de plus intérêt à amener au dessous du cendrier de l'air aussi chaud que possible ; c'est ce qui justifie l'emploi de réchauffeurs.

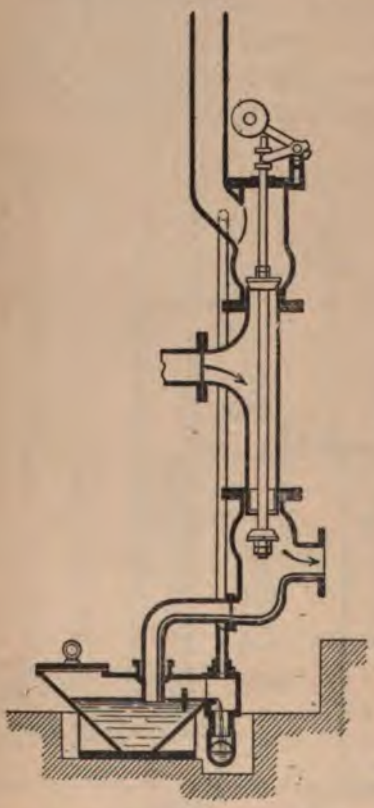


Fig. 113. — Cheminée de dégagement Otto-Deutz.

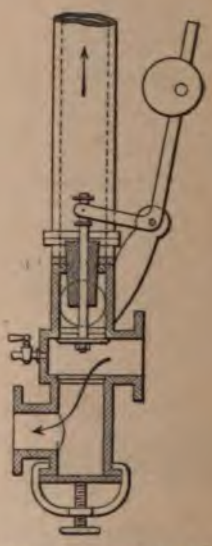


Fig. 114. — Cheminée de dégagement Benz.

L'air sec insufflé par le ventilateur active le feu, et le gaz chaud produit, mêlé de fumée, est éliminé par un tuyau spécial généralement placé au delà du vaporisateur et tenant lieu de cheminée. Cette cheminée doit être nécessairement prolongée jusqu'à l'extérieur des bâtiments et ne jamais déboucher dans une cheminée n briques ou autre conduite analogue.

On a abandonné aujourd'hui d'une façon générale l'échappement direct par la boîte de chargement surmontée d'une cheminée télescopique.

Le tuyau de dégagement dont nous venons de parler, étant branché sur la conduite de gaz qui se rend au moteur, doit pouvoir en être isolé à volonté par un système de fermeture bien étanche. On emploie à cet effet un simple robinet [Bollinckx (fig. 111)], un robinet à trois voies, un jeu de plusieurs robinets ou mieux encore une double soupape [Winterthur (fig. 112), Deutz (fig. 113)], ou une soupape à deux sièges Benz (fig. 114).

VAPORISATEURS — RÉCHAUFFEURS

Comme nous l'avons vu, il existe des vaporisateurs intérieurs ou extérieurs au générateur.

Vaporisateurs intérieurs. — Les appareils Deutz (fig. 106), par exemple, consistent en une cuve annulaire en fonte qui surmonte la cornue du générateur.

Les gaz chauds, émis par le combustible en ignition, circulent autour de cette cuve et provoquent l'évaporation de l'eau qu'elle contient.

L'air, appelé par l'aspiration du moteur, entre par un orifice ménagé au dessus de cette cuve, passe à la surface de l'eau en évaporation et se rend, chargé de vapeur, au cendrier.

La cuve est alimentée d'eau par un robinet à débit visible, placé à l'extérieur, et le niveau est maintenu constant au moyen d'un tube de trop plein conduisant au cendrier. Il est bon que ce tube soit recoupé et que la branche inférieure porte un entonnoir. On peut ainsi contrôler le débit du trop plein.

Ces vaporisateurs sont simples et occupent un emplacement réduit ; mais on leur reproche, peut-être avec raison, par suite de l'importance relative de la masse en fonte et de la quantité d'eau qu'elle renferme, de mettre un certain temps pour atteindre la température de régime et pour produire la vapeur nécessaire à l'enrichissement du gaz.

Le vaporisateur Pierson (fig. 101), est constitué par une cuve [illegible] formant la base même du générateur. Il en est de même pour l'appareil Cravanzola (fig. 113).

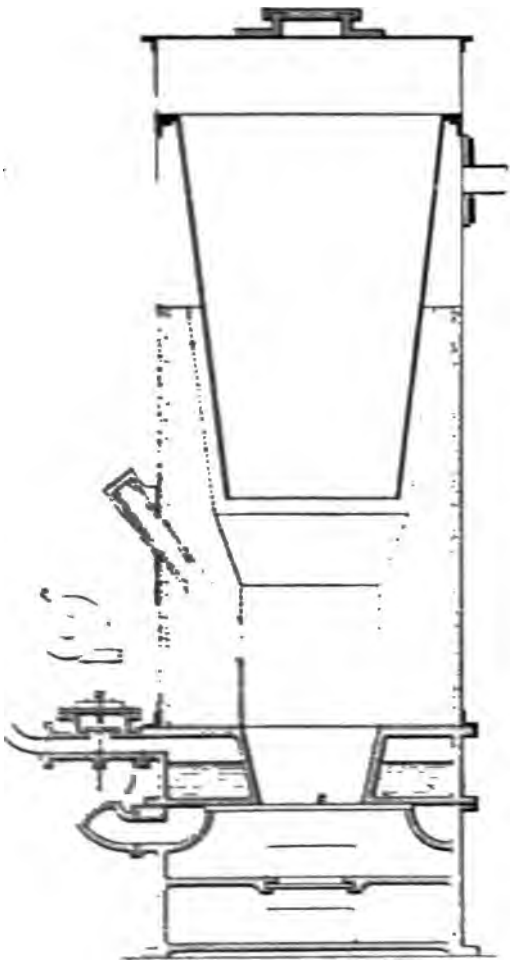


Fig. [illegible] — [illegible]

[illegible]

[illegible]

Vaporisateurs extérieurs — Ces appareils sont généralement formés d'un [illegible] contenant deux séries

chambres. Dans les unes passent les gaz chauds sortant du générateur et dans les autres se trouve l'eau destinée à être évaporée.

Vaporisateurs tubulaires. — Ces appareils sont de différents types.

Les vaporisateurs *à faisceau tubulaire* Taylor (fig. 116) ; Deutz, ancien type (fig. 117) ou à un seul tube, Pintsch (fig. 118), sont formés de trois compartiments séparés par deux tôles tubulaires. Celles-ci sont réunies par des tubes ; tantôt les gaz passent à

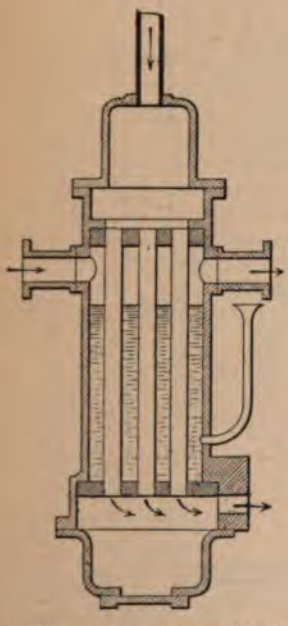


Fig. 116. — Vaporisateur Taylor.

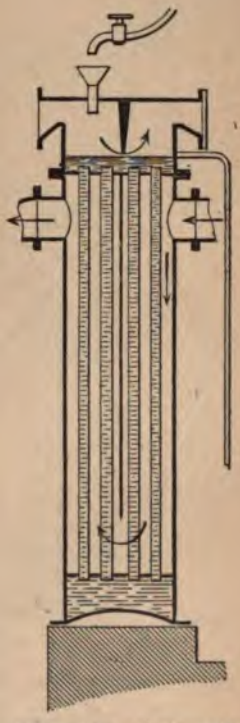


Fig. 117. — Vaporisateur Deutz.

l'intérieur des tubes, tandis que le faisceau est baigné dans l'eau à évaporer. [Pintsch (fig. 118) ; Taylor (fig. 116)] ; Benz (fig. 119) ; Koerting (fig. 120) ; tantôt l'eau se trouve à l'intérieur des tubes et les gaz à l'extérieur. Dans ce dernier cas on dispose une chicane longitudinale pour obliger les gaz à lécher les tubes sur toute leur longueur. [Deutz (fig. 117)].

D'une façon générale les faisceaux tubulaires présentent l'inconvénient de s'incruster rapidement par les sels calcaires que contient l'eau.

Si le faisceau est composé de *tubes de feu,* les incrustations se produisent à la surface extérieure, c'est-à-dire, dans une partie inaccessible pour le nettoyage ; à ce point de vue les faisceaux à *tubes d'eau* sont préférables ; ils permettent, en effet, l'enlèvement des incrustations par les tôles tubulaires.

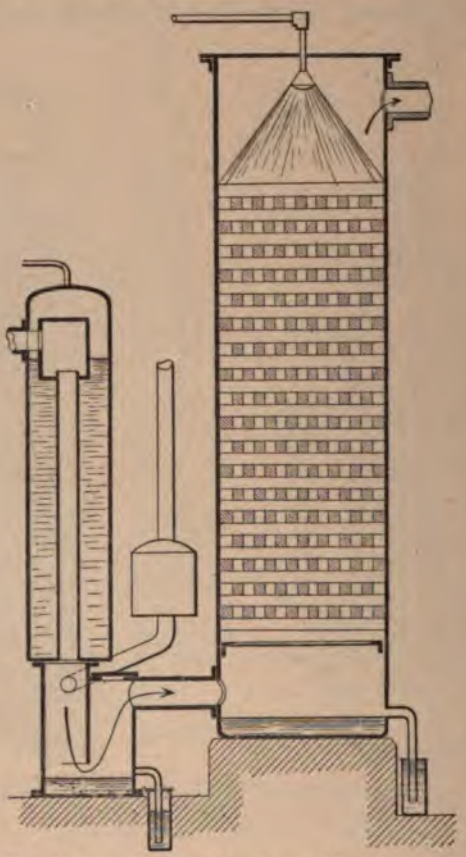


Fig. 118. — Vaporisateur et scrubber Pintsch.

Ils présentent néanmoins, de leur côté, l'inconvénient de se couvrir de goudron et de suie à l'extérieur.

Les vaporisateurs *à tubes, genre Field,* [Bollinckx (fig. 98)] sont composés d'une seule tôle tubulaire dans laquelle sont dis-

posés les tubes qui plongent dans une chambre où passent les gaz chauds. Ce système présente l'avantage d'assurer une rapide production de vapeur, mais les tubes Field sont, plus encore que les autres, sujets à s'incruster rapidement.

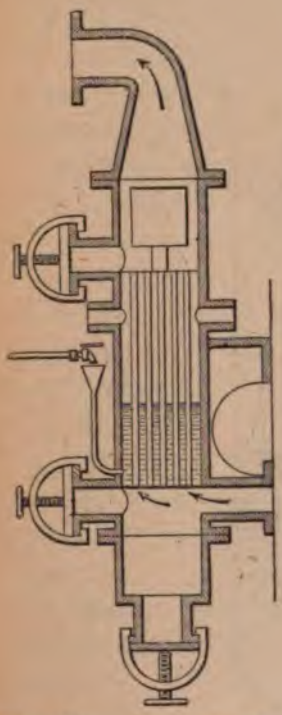


Fig. 119. — Vaporisateur Benz.

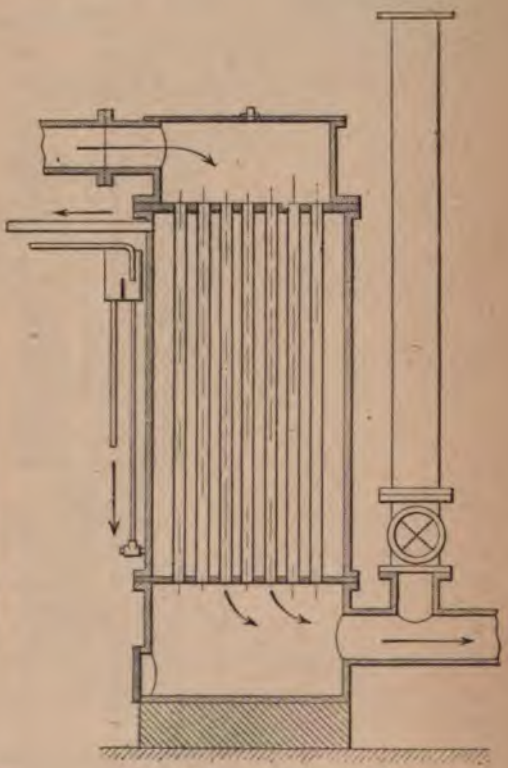


Fig. 120. — Vaporisateur Koerting.

On voit que les qualités communes de ces types de vaporisateurs doivent être : facilité d'accès, réduction au minimum de la masse d'eau en évaporation, surface de chauffe étendue par rapport à un faible volume.

On proscrira soigneusement l'emploi de tubes en cuivre ou en laiton qui seraient rapidement corrodés sous l'action de l'ammoniaque et de l'hydrogène sulfuré contenus dans le gaz.

Vaporisateurs à cloison. — Ces appareils sont constitués par une boite cylindrique généralement en fonte, à double paroi, dans

laquelle circule l'eau à évaporer. Les gaz, sortant du générateur, passent dans la partie centrale où ils rencontrent une chicane creuse contenant également de l'eau [Wiedenfeld (fig. 121)]. Ces vaporisateurs sont robustes, simples et faciles à nettoyer.

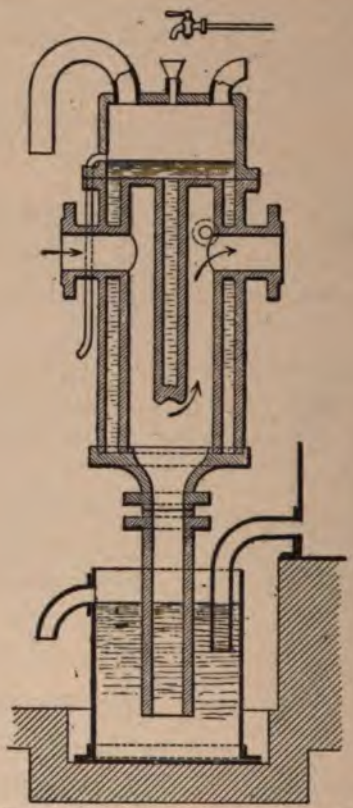


Fig. 121. — Vaporisateur Wiedenfeld.

Fonctionnement des vaporisateurs. — En résumé, ces appareils, quelle que soit leur construction, ont pour but de produire de la vapeur à la pression atmosphérique, en utilisant la chaleur des gaz du générateur, immédiatement après leur production, ou, comme dans le système Chavanon, en utilisant la chaleur rayonnante du foyer.

L'air aspiré par le moteur à travers le générateur passe, en général, par le vaporisateur et se charge d'une certaine quantité de vapeur qu'il entraîne avec lui. Le dosage de cette quantité

dépend donc surtout de la température et de l'abondance des gaz sortant du générateur, d'où il résulte que plus le moteur est chargé, c'est-à-dire plus il aspire de gaz, plus la vaporisation est intense et plus le gaz a tendance à s'enrichir.

Il faut considérer, en effet, qu'à la pleine production d'un générateur, la température intérieure est la plus élevée et la plus propice à la décomposition de la quantité maximum de vapeur.

Il en résulte que les vaporisateurs de construction très simple que nous venons de passer en revue se règlent pratiquement d'une manière automatique.

Cependant, certains constructeurs ont jugé utile de rechercher les moyens de régler d'une façon plus précise le débit de la vapeur et de le proportionner exactement à la force développée par le moteur.

C'est ainsi que dans le gazogène Winterthur (fig. 92 et 112) les constructeurs ont supprimé le vaporisateur proprement dit et l'ont remplacé par un réchauffeur d'air et un surchauffeur d'air et de vapeur.

Le *réchauffeur* est formé d'une boîte en fonte à deux compartiments, dans l'un desquels circulent les gaz chauds du générateur, tandis que dans l'autre, passe l'air destiné à alimenter le foyer.

A l'entrée du surchauffeur aboutit un tuyau qui amène goutte à goutte de l'eau débitée par un appareil doseur que nous allons décrire.

Cette eau est immédiatement vaporisée au contact de la paroi du surchauffeur et entraînée avec l'air dans ce dernier.

Le *surchauffeur* est formé d'un élément annulaire, creux, en fonte, logé dans la chambre de dégagement des gaz du générateur et porté ainsi à une température élevée.

Le mélange d'air et de vapeur circule dans ce surchauffeur avant de se rendre au cendrier.

Le *doseur* du gazogène Winterthur (fig. 122) est composé d'un récipient en forme de cuvette, contenant de l'eau et surmonté d'une boîte cylindrique fermée. Dans cette dernière, un piston, armé au-dessous, d'un pointeau, se meut à frottement doux. La partie supérieure de la boîte communique avec le tuyau d'aspira-

tion de gaz par un petit tube. A chaque aspiration du moteur et suivant l'importance de cette aspiration, le piston à pointeau se soulève plus ou moins et donne passage à une quantité d'eau variable.

Cet appareil, comme tous ceux dérivés du même principe, présente l'avantage de doser la quantité d'eau en raison du travail du moteur ; mais son fonctionnement étant assez délicat, il nécessite un parfait entretien et une certaine surveillance.

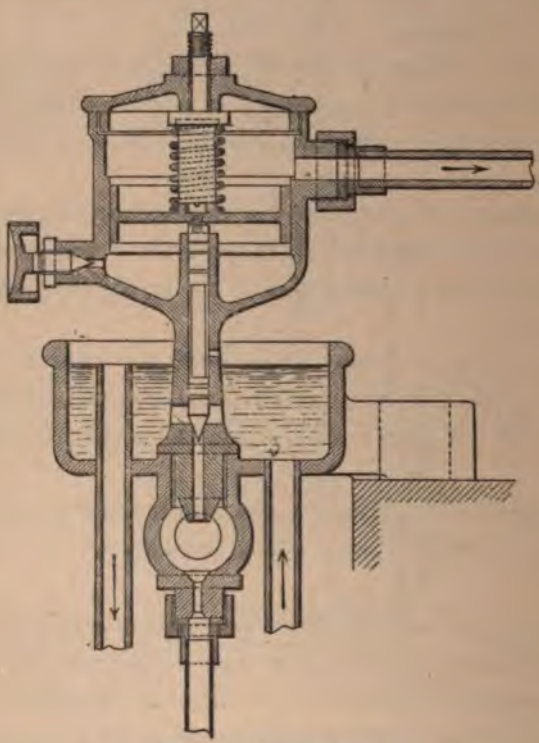


Fig. 122. — Doseur Winterthur.

Il suffit, en effet, que les eaux contiennent des impuretés pour que le pointeau se cale ou pour que les orifices s'obstruent et qu'il en résulte un arrêt de l'alimentation d'eau. Celui-ci a non seulement l'inconvénient d'appauvrir le gaz, mais il peut, en outre, provoquer la détérioration des grilles insuffisamment rafraîchies par l'arrivée de vapeur.

Réchauffeurs d'air. — Le réchauffement préalable de l'air paraît être d'une grande utilité pour maintenir l'activité du feu. Il est d'autant plus facile à réaliser, qu'il se fait habituellement en récupérant une certaine quantité de la chaleur perdue des gaz. Il a, par le fait, l'avantage d'opérer un premier refroidissement de ceux-ci avant leur passage dans les appareils de lavage.

Le réchauffement de l'air alimentaire s'opère, soit avant l'addition de vapeur [Générateur Hille (fig. 123)], soit après le mélange, Wiedenfeld (fig. 95)].

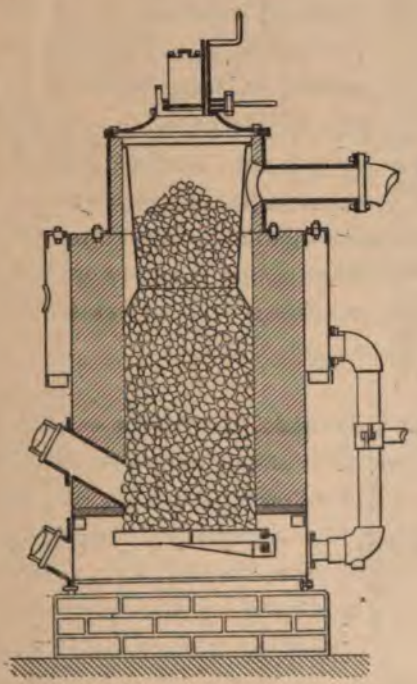


Fig. 123. — Générateur Hille.

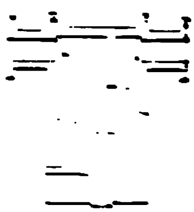
Dans le premier système, l'air passe dans une enveloppe en tôle concentrique à la cuve du générateur, s'y échauffe par la chaleur rayonnante et aboutit au cendrier par un tube dans lequel débouche la conduite d'amenée de vapeur provenant du vaporisateur.

Dans le second système, le mélange d'air et de vapeur se surchauffe en passant dans un élément annulaire disposé dans le cendrier du générateur.

[illegible] de poussière — Les appareils sont placés en géné-[illegible] du laveur.

[illegible] la quelle se heur-[illegible] qui provoque la chute de [illegible] ouverture de nettoyage. [illegible]

[illegible] par le vaporisateur



[illegible] se termine par un tube [illegible] formant joint hydrau-[illegible] par une boite [illegible] quelques centi-[illegible] d'arrivée du gaz, Bollinckx [illegible] cette disposition, le gaz, [illegible] dans l'eau et se débar-[illegible] d'entraînement. [illegible] par le trop plein [illegible] une circulation [illegible] à l'état de boues.

[illegible] Laveurs Scrubbers — Certains constructeurs [illegible] d'eau. D'autres [illegible] dans le [illegible] d'un corps cylin-[illegible] compartiments séparés [illegible] bois.

[illegible] des billes [illegible] en bois, jusqu'à [illegible] d'un dispositif [illegible] d'arro-[illegible] l'eau [illegible] la colonne.

[illegible] hydraulique [illegible] la faisant passer par [illegible]

[illegible] inférieur, [illegible] Winterthur

fig. 126)], soit en arrivant par un coude, plongeant légèrement dans celle-ci [Benz (fig. 127), Fichet et Heurtey, appareil soufflé (fig. 128)].

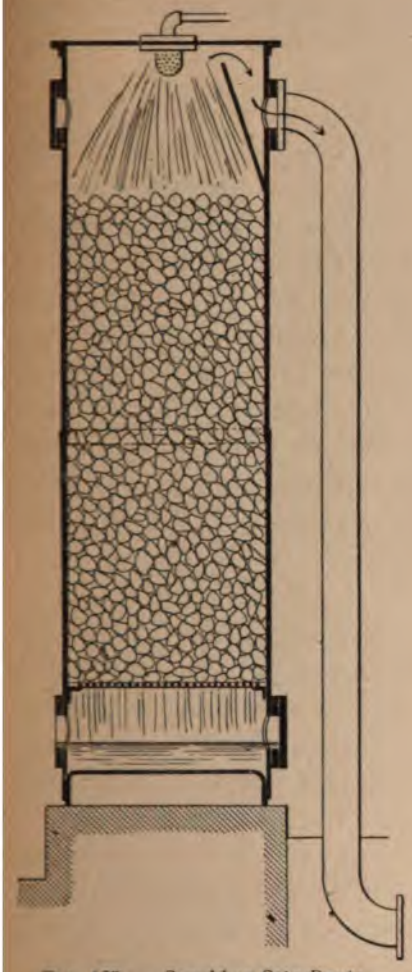


Fig. 125. — Scrubber Otto-Deutz.

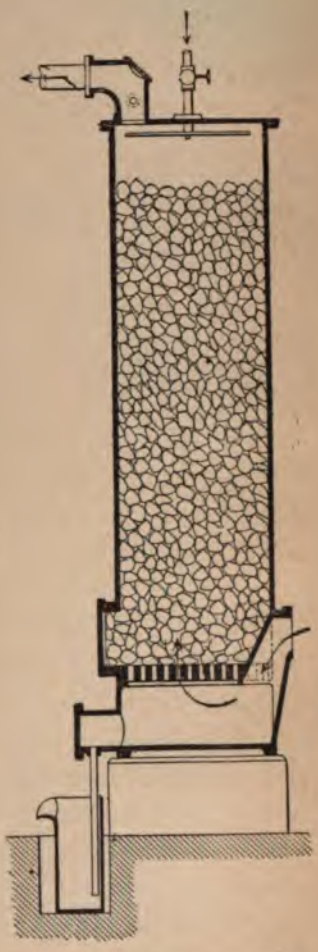


Fig. 126. — Scrubber Winterthur.

Le gaz traverse la grille ou cloison qui supporte les matières remplissant la colonne et circule dans leurs interstices en sens inverse de l'eau qui tombe de la partie supérieure. Dans ces conditions, il se refroidit, abandonne l'ammoniaque et les poussières qu'il contiendrait encore en suspension et se rend au moteur, directement ou après avoir traversé certains appareils d'épuration.

On doit avoir soin de répartir, le long des parois, les morceaux les plus réguliers, pour empêcher que les inégalités de leur surface laissent subsister, le long de la tôle, des cheminées par où le gaz passerait sans rencontrer l'eau de lavage.

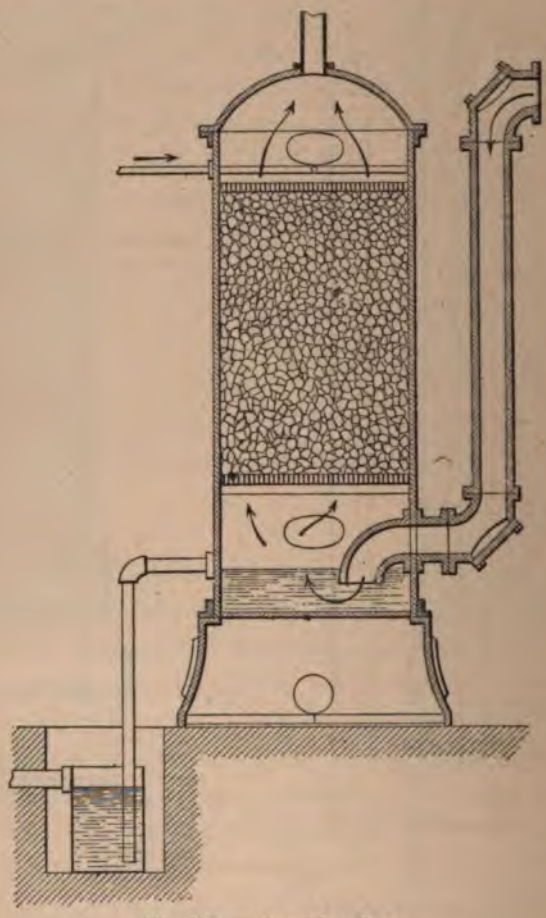


Fig. 127. — Scrubber Benz.

La matière la plus communément employée dans les laveurs est le coke en morceaux de 6 à 10 centimètres. Ce produit est peu coûteux et convient particulièrement pour retenir les impuretés du gaz. Il faut avoir soin de placer dans le bas du laveur les plus gros morceaux de coke et de disposer des morceaux plus minces en une couche de 15 à 20 centimètres à la partie supérieure ; de

cette façon, l'eau se répartit plus uniformément et le lavage du gaz est plus complet.

Le coke métallurgique convient mieux au lavage, parce qu'il est plus poreux et moins friable que le coke d'usines à gaz.

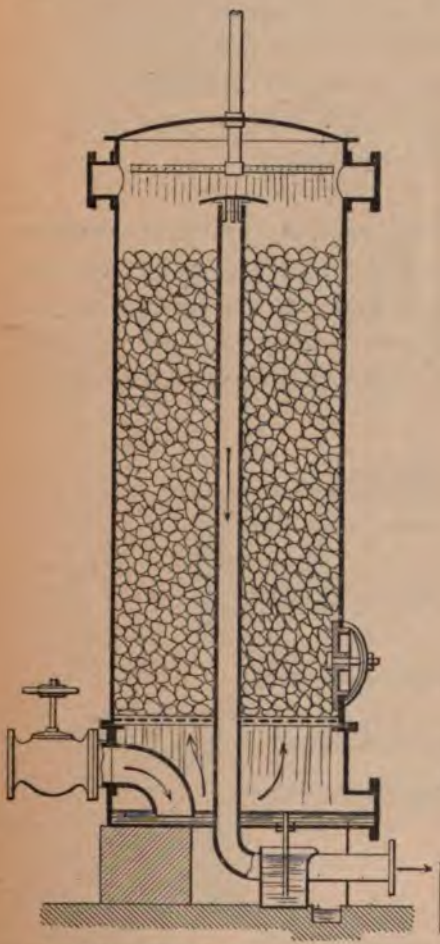


Fig. 128. — Scrubber Fichet-Heurtey.

Fig. 129. — Portes de scrubber.

Il est utile de ménager une chicane devant la sortie de gaz, pour réduire les entraînements d'eau dans les conduites.

La colonne du laveur doit être munie de trois ouvertures à joints hermétiques, faciles à assurer par le serrage (fig. 129).

Une première ouverture se trouve dans le compartiment infé-

rieur un peu au-dessus du plan d'eau pour permettre l'enlèvement des dépôts et le nettoyage de l'orifice du tuyau d'amenée de gaz, particulièrement exposé à s'obstruer.

Une seconde ouverture est placée au-dessus de la grille qui supporte les matières filtrantes. Une troisième ouverture est aménagée dans le haut de l'appareil afin de permettre l'inspection et le nettoyage de l'arrivée d'eau et de la sortie de gaz, sans avoir à démonter le couvercle du laveur dont le joint est difficile à assurer. Ces deux dernières ouvertures sont utilisées pour vider et pour remplir l'appareil de matières filtrantes.

Appareils d'épuration. — Dans certains cas où la nécessité d'avoir du gaz particulièrement propre s'impose, ou bien encore, lorsque l'on fait usage de charbons plus gras que les houilles anthraciteuses et qui produisent, par conséquent, une quantité appréciable de goudron, il faut recourir à des moyens d'épuration complémentaires.

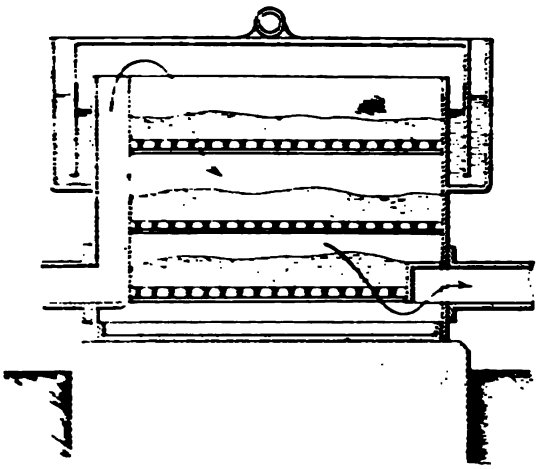


Fig. 15. — Épurateur Pintsch.

Les appareils qui la réalisent peuvent être, comme les laveurs-brasseurs, soumis à une action physique ou sur une action chimique.

L'action physique a principalement pour but de retenir les goudrons et les poussières que les laveurs auraient pu laisser passer.

Elle se réalise par l'emploi de sciure ou de fibres de bois répar-

ı couche mince, susceptible de filtrer le gaz sans opposer istance exagérée à son passage ; on emploie également les ux ou la *tournure* de fer. Ces matières sont étalées sur une ısieurs claies superposées, formant des compartiments suc- dans une boite hermétiquement fermée par un couvercle ıt hydraulique ou ordinaire. [Pintsch (fig. 130). Fichet-ey (fig. 131)].

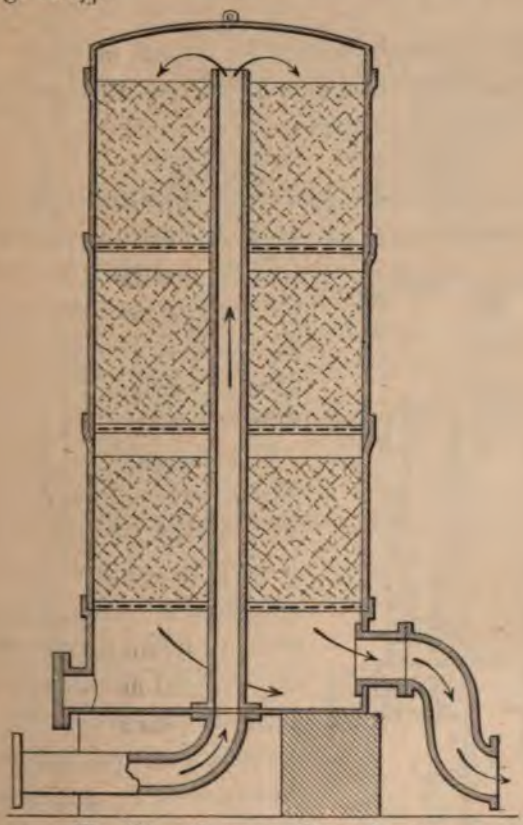


Fig. 131. — Epurateur Fichet-Heurtey.

st inutile de faire remarquer que la présence d'eau entraî- nit par rendre inefficaces certaines des matières précitées e gonflent et cessent d'être perméables au gaz. Il y a donc e les remplacer assez fréquemment.

ur obvier à cet inconvénient, on peut employer la mousse ale qui s'altère beaucoup moins par l'humidité et reste long- s spongieuse.

L'action chimique a surtout pour but de débarrasser le gaz de l'acide carbonique et de l'hydrogène sulfuré que certains combustibles dégagent en notable proportion. La matière épurante est en ce cas, soit un mélange d'hydrate de chaux et d'oxyde de fer naturel, soit de la matière *Laming* composée de sulfate de fer, de chaux éteinte et de sciure de bois. Ce dernier corps a pour effet de rendre la matière plus meuble et plus perméable au gaz.

La matière *Laming*, comme les autres matières épurantes, s'épuise par suite des réactions chimiques. Elle peut être régénérée par une simple exposition à l'air.

Réservoirs à gaz. — Les épurateurs constituent par eux-mêmes une certaine réserve utile de gaz avant l'arrivée au moteur; aussi faut-il conseiller, dans les installations gazogènes sans épurateurs, de munir la conduite d'aspiration, dans le voisinage du moteur, d'un réservoir à gaz.

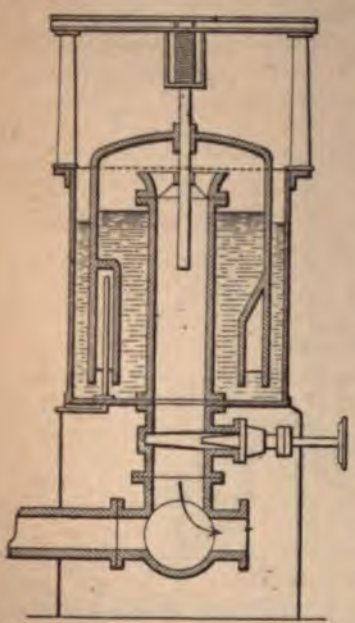


Fig. 132.– Cloche régulatrice Pintsch.

Pour ne pas encombrer les emplacements, celui-ci doit être placé en sous-sol; il est utile de lui donner un volume représentant au minimum 3 à 4 fois la cylindrée du moteur; il faut également le munir d'un robinet de vidange et, dans la partie la plus accessible, d'un trou de bras pour permettre d'extraire les boues et les goudrons qui ont tendance à s'y accumuler.

Les réservoirs à gaz sont, dans certains cas, constitués par une petite cloche régulatrice dont le rôle consiste à assurer l'uniformité de pression. Cette cloche se vide pendant la période d'aspiration et se remplit au cours des trois périodes successives de compression, de détente et d'échappement du moteur. [Pintsch (fig. 132)].

Sécheurs. — On adopte parfois aussi dans la dernière partie de la conduite de gaz pauvre, un sécheur ayant pour but, à l'instar de ceux qu'on emploie pour les conduites de vapeur, de retenir les eaux d'entraînement. Il va de soi que ces appareils n'ont de raison d'être que dans les installations dépourvues d'épurateurs (fig. 133). L'emploi du sécheur est à conseiller pour prévenir l'introduction de gaz humide dans le cylindre et la condensation de buée sur le dispositif d'allumage électrique.

Fig. 133. — Types de sécheurs de gaz.

Tuyauteries. — Les tuyaux qui réunissent les différents appareils des installations gazogènes doivent être disposés avec un soin particulier, pour assurer l'étanchéité et la facilité de nettoyage. Il faut se rappeler, en effet, que le gaz étant en dépression, une fuite provoquerait des rentrées d'air susceptibles d'appauvrir le gaz. On doit, en conséquence, apporter les plus grands

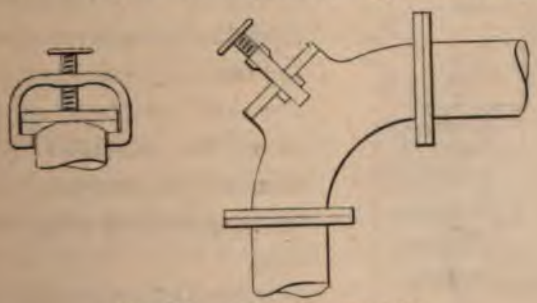


Fig. 134. — Coude à couvercle.

soins à l'ajustage des joints. Ceux-ci sont d'ailleurs nombreux parce que, outre les assemblages des tuyaux entre eux et des tuyaux avec les appareils, tous les coudes doivent être munis de couvercles maintenus par un cavalier et une vis de serrage, afin de permettre l'introduction d'une brosse ou d'un outil pour l'enlèvement des poussières et des goudrons (fig. 134).

Pour les conduites de petit diamètre, on peut remplacer les coudes à couvercle par des pièces T ou des pièces munies de bouchons.

La tuyauterie de gaz, dans le voisinage immédiat du robinet d'admission de gaz au moteur, sera munie d'une conduite de diamètre suffisant aboutissant à l'air libre pour permettre de purger les appareils et de les remplir, pendant le soufflage, de gaz propre à la combustion.

Cette conduite portera un robinet d'arrêt.

Des robinets d'épreuve du gaz seront placés sur la tuyauterie, immédiatement après l'évaporateur, après le scrubber et dans le voisinage du moteur.

Il sera utile également de disposer avant et après le scrubber, des manomètres à eau, pour juger de la dépression dans les conduites et contrôler l'allure des appareils.

Brosse d'épuration. — Comme précaution supplémentaire contre l'entraînement des goudrons dans le moteur, on emploie souvent des brosses métalliques, en forme de goupillon, enfermées dans une boîte en fonte intercalée dans la tuyauterie d'amenée de gaz immédiatement près du moteur. Le gaz, en se laminant entre les obstacles ténus que forment ces brosses, abandonne les goudrons en suspension (fig. 135).

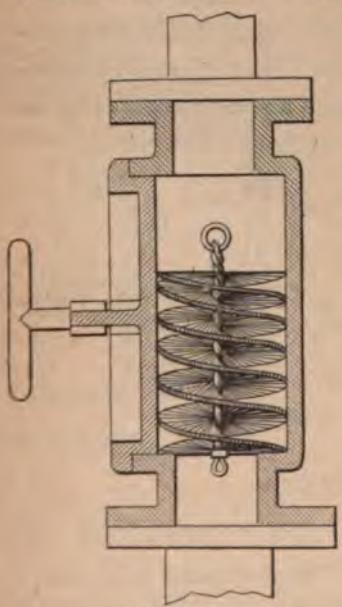


Fig. 135

Il faut avoir soin de les nettoyer régulièrement ; le procédé le plus commode consiste à les laisser tremper dans le pétrole ou tout autre dissolvant.

CONDITIONS DE BONNE MARCHE DES GAZOGÈNES

Ces conditions dépendent de la construction ou de la conception elle-même de l'installation, des soins apportés à son montage, de la nature du combustible, de l'état d'entretien des appareils et de la manière dont ils sont conduits.

Construction et conception. — La construction proprement dite, comprenant le choix des matériaux et leur mise en œuvre, n'offre aucune difficulté particulière; les appareils que nous avons examinés sont très simples et ne présentent aucune complication pour l'exécution mécanique.

En ce qui concerne la conception, au contraire, principalement au point de vue des dimensions à adopter pour chacun des éléments, aucun principe ni aucune règle absolus ne paraissent pouvoir jusqu'à présent être appliqués. Il faut considérer, en effet, que l'emploi des gazogènes par aspiration ne s'est généralisé que depuis trois ou quatre ans. La question, par conséquent, entre à peine dans sa période d'évolution.

Toutefois, quelques indications peuvent être données à ce sujet.

Générateur. — En ce qui concerne le générateur, on peut déduire des meilleures installations actuelles du genre, les dimensions à donner à cet appareil par rapport à celles du moteur à alimenter ; celui-ci étant supposé à simple effet et fonctionnant aux vitesses normales de 160 à 230 tours par minute.

La partie essentielle du générateur qui concourt à la production d'un gaz normal est celle qui correspond à la zône de combustion. On lui donne une section variant parfois entre la moitié et le quart de la surface du piston du moteur à actionner, parfois entre la moitié et les neuf dixièmes de cette même surface suivant la nature et le *criblage* du combustible employé.

Pour les petits appareils, toutefois, correspondant aux forces de

5 à 15 chevaux, il faut concilier la dimension minimum de la base avec la nécessité de la choisir suffisante pour ne pas nuire à la descente régulière du combustible.

C'est d'ailleurs cette considération qui, jointe à l'influence des parois, rend assez précaire la régularité de fonctionnement de ces petits générateurs.

Il y a lieu de noter, au surplus, que de nombreux gazogènes modernes pèchent plutôt par excès de grandeur.

Beaucoup de constructeurs, faute d'une expérience éprouvée ont, en effet, été tentés de faire des appareils relativement grands dans le but d'assurer une production de gaz plus abondante. En réalité les appareils sont exposés à s'éteindre lorsque la combustion est peu active. Si on se rapporte aux principes de la formation du gaz dans les générateurs par aspiration, on en conclura que le gaz dégagé est d'autant plus riche que l'allure de l'appareil est plus *chaude*. Elle permet ainsi de décomposer une plus grande quantité d'eau et d'augmenter la teneur en hydrogène et en oxyde de carbone.

Or, l'allure *chaude* se réalise d'autant mieux que la combustion est plus active et celle-ci, étant fonction de la rapidité de passage de l'air alimentaire, il y a un intérêt évident à réduire la section de passage à un minimum compatible avec la quantité de combustible à traiter.

Quant à la hauteur de la couche de combustible, en œuvre dans l'appareil, elle est, en général, de 4 à 5 fois le diamètre à la base.

Vaporisateur. — La grandeur des vaporisateurs est essentiellement variable suivant le type de ces appareils. On ne peut donc pas adopter de règle fixe pour la détermination de leur surface de chauffe. Celle-ci doit en tout cas être suffisante pour vaporiser, à la pression atmosphérique, 600 à 800 grammes d'eau par kilogramme d'anthracite consommé au générateur.

Scrubber. — On peut déduire des dispositions actuellement usitées par les bons constructeurs les proportions suivantes pour les scrubbers.

Le volume de ces appareils est en général de 6 à 8 fois la contenance en anthracite du générateur ; une hauteur égale à 3 à 4 fois le diamètre est considérée comme suffisante dans la plupart des cas. Il faut tenir compte de ce que, dans cette hauteur, sont comprises la chambre avec réservoir d'eau située sous la claie ou grille et la chambre supérieure par laquelle sort le gaz. La hauteur de l'une et de l'autre dépend nécessairement des dispositions adoptées pour l'entrée du gaz dans la partie inférieure du laveur, et pour le distributeur d'eau de lavage à la partie supérieure.

Montage. — Nous avons suffisamment insisté sur la nécessité d'assurer une étanchéité parfaite des appareils et des canalisations.

Pour vérifier si aucune fuite n'existe on peut procéder ainsi qu'il suit :

A l'origine de la mise à feu au moyen de bois, paille, etc., dégageant de la fumée, au lieu d'éliminer celle-ci par la cheminée pendant le soufflage au moyen du ventilateur, on peut la laisser sortir par le robinet d'admission au moteur qu'on démonte à cet effet. On ferme donc l'obturateur de la cheminée. La fumée remplit ainsi, sous une certaine pression, les appareils et les tuyauteries et s'échappe par les fuites qui existent et qui se révèlent de cette façon.

On peut encore, pendant la marche normale du gazogène, promener une bougie allumée dans le voisinage des joints, et si des fuites existent, l'aspiration de la flamme de la bougie permettra de le constater.

Combustible. — Nous avons traité cette question dans un chapitre précédent (p. 155), et indiqué les qualités que doivent remplir les charbons maigres ou anthraciteux les plus propres à être utilisés dans les gazogènes par aspiration.

Nous ajouterons qu'il faut employer dans le générateur le charbon aussi sec que possible et en morceaux de 10 à 30 millimètres.

Les morceaux très ténus et les poussières en particulier, sont

nuisibles et doivent autant que possible être éliminés par un tamisage préalable. Quant au charbon criblé, il suffit d'employer une pelle à grille pour le manipuler (fig. 136).

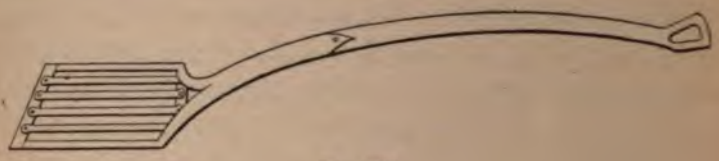


Fig. 136

Entretien. — En ce qui concerne le générateur, indépendamment du décrassage de la grille et du nettoyage du cendrier, qui peuvent se faire en cours de marche, il est nécessaire de vider entièrement l'appareil une fois par semaine, si possible, afin de détacher les scories adhérentes à la cornue. Ces scories détruisent le revêtement réfractaire, s'opposent par leurs aspérités à la descente naturelle du combustible, contribuent à la formation de voûtes et réduisent la section utile de la cornue. On profite de ce nettoyage pour vérifier l'étanchéité des portes du foyer, des boites de chargement, etc.

Le vaporisateur, suivant la nature plus ou moins grasse du combustible ou la teneur plus ou moins élevée en calcaire des eaux utilisées, doit être nettoyé tous les huit ou quinze jours.

On peut éliminer les incrustations calcaires, ou précipiter les sels sous forme de boue non adhérente, en introduisant régulièrement un peu de potasse ou de soude caustique dans l'eau d'alimentation.

Si les incrustations sont très adhérentes, on peut recourir à l'emploi d'une solution d'acide chlorhydrique étendu.

Quant aux goudrons qui adhèrent dans les conduites, les tubes et les passages de gaz, il vaut mieux profiter de ce que l'appareil est encore chaud pour les enlever, ou encore, employer un dissolvant tel que le pétrole, la thérébentine, etc.

Les communications établies entre le vaporisateur et le scrubber sont en particulier exposées à s'obstruer par suite de l'accumulation des goudrons ou poussières entraînés.

Il est bon de vérifier une ou deux fois par semaine ces différentes parties en ouvrant les couvercles ou en enlevant les bouchons de nettoyage.

Le compartiment inférieur du laveur retient la majeure partie des poussières qui n'ont pas été recueillies dans les collecteurs ou boites *ad hoc*; ces poussières se transforment en boue et ont tendance à obstruer le tuyau de trop-plein dans certaines dispositions d'appareils, ce qui a pour conséquence de noyer l'arrivée de gaz et de provoquer l'arrêt du moteur. Le nettoyage complet de cette partie du laveur doit se faire une ou deux fois par mois.

Si l'on fait usage dans le laveur de coke métallurgique bien dur, il peut servir plus d'un an sans être enlevé. En vue de débarrasser les matières épurantes des poussières et des sédiments calcaires amenés par l'eau de lavage, il est bon de laisser couler celle-ci le plus abondamment possible au moins une fois par mois pendant une demi-heure environ.

Lorsqu'on remplacera les matières épurantes, on prendra les précautions indiquées au chapitre traitant de cette question (Scrubbers p. 188) et on veillera à ce que les claies ou grilles sur lesquelles reposent les matières soient bien propres, et à ce que les couches de matières ne soient pas trop épaisses pour s'opposer au passage du gaz.

D'une façon générale, il est à recommander de faire fonctionner chaque jour les différents robinets de purge placés sur les appareils et de les maintenir en parfait état d'entretien. Lorsqu'un de ces robinets étant ouvert, il n'en sort ni eau, ni gaz, ni vapeur, on doit s'assurer qu'il n'est pas bouché en introduisant un fil de fer dans l'ouverture.

CONDUITE DES APPAREILS

Chaque installation gazogène, suivant son système, sa construction et son importance, implique nécessairement des instructions spéciales pour sa conduite. Ces instructions sont habituellement données par le constructeur.

Il y a néanmoins des règles générales à suivre qui sont communes à la majeure partie des gazogènes par aspiration et nous allons les passer en revue.

Mise à feu du gazogène. — Cette opération nécessite la présence du conducteur de l'installation et d'un aide.

Il faut procéder ainsi qu'il suit :

1° Ouvrir les portes du foyer et du cendrier. Ouvrir la cheminée de dégagement et s'assurer de ce que la grille du générateur est bien débarrassée des cendres et mâchefers. S'assurer également du bon fonctionnement des organes de la boite de chargement et de leur étanchéité.

2° Vérifier la présence de l'eau dans le vaporisateur, dans le scrubber, etc., et s'assurer de ce que l'alimentation fonctionne régulièrement.

3° Introduire par la porte du foyer, de la paille, des copeaux, des déchets de coton, etc., les allumer et charger graduellement de bois sec le générateur jusqu'au quart ou à la moitié de sa hauteur; y ajouter successivement quelques seaux de charbon.

4° Fermer les portes du cendrier et du foyer et commencer le soufflage à l'aide du ventilateur. Dès que le soufflage est commencé il ne faut plus l'interrompre jusqu'à la mise en marche du moteur qui peut avoir lieu 10 à 20 minutes après l'allumage.

Après quelques minutes de soufflage, le charbon devient suffisamment incandescent pour que le gaz commence à se produire, ce dont on s'assure en essayant de l'enflammer au robinet d'essai voisin du générateur. On ferme alors à moitié l'ouverture de la cheminée de dégagement dans le but de donner de la pression dans les appareils.

6° Ouvrir le tube de dégagement voisin du moteur pour purger les appareils et les conduites de l'air, qu'ils contiennent jusqu'à ce qu'on puisse maintenir le gaz allumé au robinet d'essai placé près du moteur.

7° Régler le débit normal de l'eau de lavage du scrubber.

8° Dès que le gaz brûle d'une façon continue au robinet d'épreuve avec une flamme jaune orangé, le moteur peut être mis en marche.

Le gaz brûle d'abord avec une flamme bleue ; cette coloration indique qu'il contient une certaine quantité d'air. L'ouverture du robinet d'essai doit être réglée de façon à réduire la pression du gaz à la sortie, suffisamment pour que la flamme ne s'éteigne pas.

Au cours du soufflage, de même que pendant la marche normale, les opérations de chargement du combustible doivent être faites avec soin pour prévenir les explosions de gaz dues aux rentrées d'air.

Il faut avoir soin notamment de ne jamais ouvrir simultanément le couvercle de la boite de chargement et le dispositif, robinet, soupape ou tiroir, de communication de celle-ci avec le générateur.

Toutes les manœuvres que nous venons d'indiquer doivent être faites aussi rapidement que possible.

MISE EN MARCHE DU MOTEUR

On opère la mise en marche, suivant le type de moteur employé et le dispositif de démarrage dont il est muni, ainsi que nous l'avons expliqué pour le fonctionnement des moteurs marchant au gaz de ville.

Mais il faut avoir soin, pour produire un bon mélange explosif, de régler l'arrivée de l'air au moteur d'après la qualité du gaz dont on dispose. Il est à recommander de continuer le soufflage au ventilateur, jusqu'à ce que le moteur ait produit plusieurs explosions, acquis une certaine vitesse et soit susceptible de provoquer l'aspiration normale du gaz.

Bien entendu, dès la mise en marche du moteur, il faut fermer le tuyau de sortie de gaz situé près du robinet d'admission ainsi que l'ouverture de la cheminée de dégagement du générateur.

Lorsque la marche du moteur est assurée, on règle le débit d'eau au vaporisateur et au trop-plein se rendant au cendrier.

On achève également le remplissage du générateur jusqu'au niveau normal indiqué par le constructeur.

Conduite du gazogène pendant la marche — Dès que les appareils sont en marche normale, ils présentent l'avantage de n'exiger qu'une surveillance sommaire et peu de main-d'œuvre.

La surveillance consiste :

1° A régler et à maintenir le débit convenable de l'eau qui alimente le saturateur.

2° A veiller, dans les appareils munis d'un trop-plein vers le cendrier, à ce que l'eau y arrive constamment mais sans excès.

3° A maintenir le scrubber à basse température en réglant en conséquence l'arrivée de l'eau de lavage.

Cet appareil peut être légèrement tiède dans le tiers inférieur, mais il doit rester à fait froid à la partie supérieure.

La main-d'œuvre à effectuer se borne au chargement régulier du combustible au générateur et à l'enlèvement des cendres et scories.

Le *chargement* s'effectue à intervalles égaux qui, suivant les types de générateurs à anthracite, varient de 1 heure à 6 heures.

Les chargements à courts intervalles constituent, il est vrai, un surcroît de main d'œuvre, tandis que ceux à longs intervalles provoquent souvent des perturbations dans la production du gaz.

En effet, la quantité de combustible introduite doit être d'autant plus importante que les intervalles sont plus longs : ce combustible est froid et contient dans ses interstices une certaine quantité d'air ; d'autre part, la hauteur de charbon qui couvre la zone incandescente est devenue relativement faible. L'air en excès pollue le gaz, tandis que le charbon frais abaisse la température de la masse en combustion, ce qui apauvrit le gaz en formation.

L'expérience paraît démontrer qu'en général il vaut mieux effectuer les chargements à des intervalles de 1 à 3 heures, suivant le travail développé par le moteur.

Il y a lieu d'observer que le niveau du combustible dans le générateur ne doit pas descendre au-dessous de la base de la trémie de chargement.

Nous rappellerons que, pour éviter les rentrées d'air nuisibles, les opérations de chargement doivent se faire le plus rapidement

possible et, dans ce but, on ne chargera pas à la pelle mais à l'aide d'un seau ou récipient approprié (fig. 137).

On aura soin de remplir jusqu'au niveau du bord supérieur la boite de chargement et de bien poser son couvercle avant de manœuvrer le dispositif de fermeture de la trémie (soupape, robinet).

L'enlèvement des cendres et scories se fera le moins souvent possible, car l'ouverture des portes de cendrier et de foyer provoque nécessairement des appels d'air froid pernicieux.

Généralement, dans les générateurs à charbons anthraciteux, il suffit de vider le cendrier deux fois par jour ; on effectuera cette opération de préférence pendant les arrêts.

Fig. 137

Toutefois, le décrassage de la grille, consistant dans l'introduction du ringard entre les barreaux ou à leur surface pour favoriser la chute des cendres, doit se faire à intervalles de 2 à 4 heures suivant le type de générateur et la nature du combustible ; afin de faciliter cette opération sans recourir à l'ouverture des portes, celles-ci doivent être munies d'un orifice avec fermeture.

Le décrassage a principalement pour but d'assurer le passage facile de l'air alimentaire et de maintenir à hauteur convenable la zône incandescente dans l'appareil.

L'accumulation des cendres et scories à la base de la cornue aurait pour conséquence de relever cette zône au détriment de la qualité du gaz.

Arrêt et nettoyage. — Après avoir fermé l'arrivée de gaz au moteur, on ouvre l'obturateur de la cheminée de dégagement du générateur et on ferme les robinets d'arrivée d'eau au scrubber et au vaporisateur.

Si l'on désire maintenir le générateur à feu pour la reprise du travail après l'arrêt, il y a lieu d'ouvrir la porte du cendrier de

façon à établir un tirage naturel qui entretienne la combustion.

On profite de l'ouverture de cette porte pour enlever immédiatement les scories accumulées au-dessus de la grille, attendu qu'elles se détachent beaucoup plus facilement lorsqu'elles sont chaudes.

Le générateur doit être éteint et complètement nettoyé une fois par semaine environ quand on emploie des combustibles normaux.

A cet effet, aussitôt l'arrêt, on extraira par les portes du foyer une partie du combustible incandescent et on laissera ensuite refroidir la cornue pendant quelques heures avant de la vider entièrement.

Un refroidissement trop brusque de la cornue pourrait détériorer la garniture réfractaire.

Pour éviter les explosions que provoqueraient les rentrées d'air, la trémie de chargement doit rester hermétiquement fermée pendant l'extraction du combustible incandescent par les portes du foyer.

Si les appareils sont placés dans un endroit mal aéré, leur nettoyage doit être effectué par deux hommes qui puissent se porter secours en cas d'intoxication.

Dans tous les cas, il faut proscrire l'emploi de tout éclairage à flamme nue susceptible de mettre le feu aux mélanges explosifs qui pourraient se former.

Lorsque le générateur refroidi est complètement ouvert, on démonte la boîte de chargement et éventuellement la trémie ; on sort les grilles s'il y a lieu et l'on détache à l'aide d'un ringard, manœuvré par le haut, les scories et machefers adhérents à la cornue.

Nous avons indiqué précédemment quels étaient les soins à donner aux différents appareils, tels que le vaporisateur, les laveurs, les conduites, etc.

CHAPITRE XIV

—

MOTEURS A PÉTROLE ET A ESSENCES DIVERSES

Bien que le présent ouvrage ait principalement pour but l'examen des moteurs à gaz de ville et à gaz pauvre, employés dans l'industrie, nous devons dire quelques mots des moteurs à pétrole et à essences diverses auxquels on a recours dans certaines circonstances.

Par « moteurs à pétrole » on entend ceux qui utilisent comme combustible le pétrole ordinaire, ou pétrole lampant, dont la densité est comprise entre 0,800 et 0,820, à la température de 15° et le point d'ébullition entre 140° et 145° centigrades.

Par « moteurs à essences diverses » on entend ceux qui utilisent soit les huiles légères provenant de la distillation du pétrole, (ces huiles sont incolores, leur densité est comprise entre 0,680 et 0,720 et leur point d'ébullition entre 80° et 115°), soit la benzine, soit l'alcool.

Les « moteurs à pétrole » diffèrent peu des « moteurs à gaz » au point de vue de l'aspect général et du mode de réglage. Toutefois, leur vitesse de régime est en général supérieure de 20 à 30 % à celle des moteurs à gaz et, sauf certains moteurs, tels que le Diesel ou le Banki, leur compression ne dépasse guère 3 à 5 kilogrammes.

Les « moteurs à essences diverses », au contraire, s'en écartent sensiblement, notamment parce qu'ils fonctionnent à grande vitesse, c'est-à-dire à des allures variant entre 500 et 2000 tours par minute, tandis que l'allure des moteurs à gaz et à pétrole ne dépasse pas en général 250 à 300 tours.

Moteurs à pétrole. — Ces moteurs sont principalement employés en Russie et en Amérique ; dans la plupart des autres pays le prix de revient élevé du pétrole en limite nécessairement l'emploi et on ne les utilise guère que pour les petites installations de force motrice faites à la campagne, pour les locomobiles et pour les bateaux.

Les progrès réalisés au cours de ces dernières années dans la construction des moteurs à gaz, alimentés au moyen de gazogènes par aspiration, aussi bien pour les petites forces que pour les forces importantes, sont de nature à restreindre encore l'emploi des « moteurs à pétrole ».

La caractéristique de construction d'un grand nombre de types de moteurs à pétrole à 4 temps, (nous n'envisageons d'ailleurs que les moteurs fonctionnant suivant ce cycle), réside dans le mode de réglage qui consiste à laisser libre, c'est-à-dire non commandée, la soupape d'admission et à faire agir le régulateur sur la soupape d'échappement, de façon à la maintenir ouverte lorsque le moteur tend à dépasser sa vitesse de régime.

Néanmoins, actuellement un grand nombre de types sont construits comme les moteurs à gaz, avec soupape d'admission commandée, de façon que le régulateur agisse pour ouvrir cette soupape en marche normale ou pour la laisser fermée quand la vitesse s'accélère.

La nécessité de produire un mélange d'air et de pétrole susceptible de s'enflammer dans le cylindre du moteur a conduit à la création de différents organes inutiles, lorsque l'on emploie le gaz d'éclairage ou le gaz pauvre. Ces organes sont : le *pulvérisateur*, le *vaporisateur*, la *pompe à pétrole*, la *pompe à air*, le *réservoir à pétrole*, la *lampe à pétrole*.

Un certain nombre de moteurs à pétrole comprennent tous ces organes, mais dans le but de simplifier, les constructeurs se sont attachés à créer des dispositifs permettant d'en supprimer quelques-uns dont le fonctionnement est souvent délicat.

Nous n'entrerons pas dans la description détaillée de ces différents organes qui nous entraînerait beaucoup trop loin et

nous renverrons le lecteur aux ouvrages descriptifs publiés sur la matière en Amérique, en Angleterre, en France, etc. (1).

La plupart des prescriptions que nous avons indiquées, concernant la construction et l'installation des moteurs à gaz, les précautions que nous avons mentionnées au sujet des conditions de leur fonctionnement s'appliquent aux moteurs à pétrole, nous ne reviendrons donc pas sur ces différents points ; nous insisterons seulement sur la nécessité de nettoyer très fréquemment les soupapes et les différents organes actifs d'un moteur à pétrole.

Le pétrole lampant produit en brûlant, surtout lorsque la combustion est incomplète, des dépôts charbonneux très abondants qui encrassent les différentes pièces avec lesquelles ils sont en contact, produisent des allumages prématurés et sont une cause de mauvais fonctionnement.

D'autre part, l'introduction du pétrole dans les pulvérisateurs, vaporisateurs et lampes se fait par des tuyaux et des orifices de très faible section que la moindre malpropreté obture partiellement, ce qui rend inévitablement défectueux le fonctionnement du moteur.

Moteurs à essences diverses. — Nous dirons quelques mots seulement de ces moteurs dont l'application principale a été faite dans l'industrie des voitures automobiles.

Certains constructeurs ont essayé d'appliquer ces moteurs aux usages industriels et agricoles et ont créé, notamment, des groupes électrogènes, des groupes hydrauliques et des ensembles dits « industriels », c'est-à-dire moteur avec poulie de transmission.

Ce sont ces cas particuliers que nous allons examiner rapidement.

La grande vitesse dont sont animés les moteurs de ce genre permet d'actionner directement une pompe centrifuge ou une dynamo et de monter le tout sur un même socle.

(1) Norman et Henley, New-York : Hiscox, 1901. — Parsell and Weed, 1900. — Spon, London ; Göldingham, 1900. — Longmans, London ; Dugald-Clerck, 1897. — Heywood, Manchester : Frederick Grover, 1902. — Bernard, Paris : Aimé Witz, 1904. — Springer, Berlin : H. Guldner, 1903.

Ils présentent l'avantage d'être très légers et leur encombrement est extrêmement réduit. Leur prix est sensiblement moindre que celui des moteurs à pétrole ou à gaz pauvre de force correspondante, mais par contre, leur exploitation est beaucoup plus coûteuse, les essences qu'ils utilisent étant d'un prix assez élevé. En outre, par suite de leur grande vitesse, ils s'usent rapidement et il est prudent de calculer leur amortissement sur une période de trois à quatre ans, tandis que les moteurs à pétrole et à gaz sont généralement amortis dans un espace de treize ans.

Prix comparatifs. — Voici, à titre comparatif, les prix d'installation et d'exploitation, en Belgique, d'un moteur à pétrole et d'un moteur à essence de 10 chevaux.

I. — *Moteur à pétrole*

Frais de première installation. — Prix du moteur de 10 chevaux effectifs avec accessoires. . . .	fr.	3600
Fondation, fouilles, déblais, frais d'installation	fr.	250
Total. . . .	fr.	3850

Exploitation journalière. — La consommation du moteur par cheval-heure, à pleine charge, peut être prise égale à 0,5 litres de pétrole coûtant 0,14 fr. le litre, soit par 10 heures de travail :

$10 \times 0.5 \times 0,14 \times 10 =$	fr.	7,00
Entretien 3 %	«	0,38
Consommation d'huile	«	0,60
Intérêt et amortissement en 13 ans à 10 % par an sur 3850 francs	fr.	1,28
Total. . . .	«	9,26

II. — *Moteur à essence*

Frais de première installation. — Prix du moteur avec accessoires	fr.	2250
Frais d'installation	«	150
Total. . . .	«	2400

Exploitation journalière. — La consommation du moteur par cheval-heure, à pleine charge, peut être prise égale à 0,4 litres de benzine coûtant 0,20 le litre, soit par 10 heures de travail :

	$10 \times 0{,}4 \times 0{,}2 \times 10 =$ fr.	18,00
Entretien 5 %.	«	0,40
Consommation d'huile	«	1,00
Intérêt et amortissement en 3 ans à 36 % par an sur 2 400 francs		2,87
Total. . . .	«	12,27

Les moteurs faisant l'objet de notre examen ont le plus souvent leurs cylindres disposés verticalement comme dans les machines du type « pilon ».

L'arbre coudé et les bielles sont enfermés dans un « carter » hermétiquement clos, rempli d'huile, ce qui assure, par le mouvement même des pièces, une lubrification abondante et certaine du piston. La soupape d'aspiration est généralement libre ; dans ces derniers temps on a beaucoup préconisé la commande de la soupape d'aspiration ; il paraît en résulter certains avantages, notamment la possibilité de réduire sensiblement la vitesse du moteur sans provoquer son arrêt.

Le carburateur fonctionne en vertu de l'aspiration même du moteur, il doit être réchauffé si le combustible employé est l'alcool.

Essais des moteurs à grande vitesse. — Dans les moteurs de cette catégorie le contrôle des conditions de marche présente certaines difficultés.

Leurs grandes vitesses de rotation ne permettent pas, en effet, comme dans les moteurs industriels, de relever des diagrammes d'indicateur. Ceux-ci, du reste, ne donneraient que des indications sommaires sur chaque cycle pris isolément, ce qui est insuffisant pour connaître exactement la marche d'un moteur.

Les moteurs à pétrole, à benzine, etc., autrement dits à air carburé, sont particulièrement délicats à régler à cause de la

diversité des phénomènes qui s'y manifestent et échappent à l'examen.

Pour vérifier le fonctionnement des moteurs à grande vitesse, il existe actuellement deux types différents d'appareils : le *Manographe* et l'*Enregistreur continu* d'explosions.

Manographe. — Le manographe, dû à M. Hospitalier, est un appareil optique; il donne, sur une glace dépolie, une succession de diagrammes fermés, superposés, affectant la forme des diagrammes de Watt, et la persistance des images sur la rétine de l'œil permet de percevoir un trait absolument continu, mais temporaire. On peut néanmoins prendre une photographie des diagrammes ainsi obtenus.

Enregistreur continu d'explosions pour moteurs à grande vitesse. — L'enregistreur d'explosions que nous avons imaginé se fixe, par l'intermédiaire d'un robinet (r), sur la chambre d'explosion du moteur à essayer (fig. 138).

Il est constitué par un dispositif analogue à celui des Indicateurs à diagrammes, mais le tracé se fait sur une bande de papier qui se déroule d'une façon continue.

Le cylindre (C) est muni d'un piston (P) armé, autour de sa tige, d'un ressort en hélice antagoniste (s).

Un mouvement d'horlogerie défilant, logé dans la boîte (b), entraîne la bande de papier qui se déroule de la bobine (p), passe sur le tambour (p') où elle reçoit l'empreinte du traçeur (t) pour s'enrouler ensuite sur la bobine (p'').

En outre, un petit traceur (f) marque la « ligne atmosphérique » sur la bande de papier en passant sur le tambour (p').

Pour empêcher le piston (P) de se gripper par l'effet de la température élevée qu'engendrent les explosions, le cylindre (C) est muni d'une enveloppe (e) dans laquelle on assure une circulation d'eau au moyen d'un petit tube en caoutchouc qui se fixe sur l'ajutage (e').

Cet enregistreur permet d'analyser d'une façon absolue les conditions de marche de tous les moteurs, quelle qu'en soit la vitesse de rotation.

Il donne un tracé graphique continu sur lequel on peut lire le nombre d'explosions, la pression initiale de chacune d'elles, le nombre de « ratés », la valeur de la compression, le nombre de tours correspondant, l'ordre dans lequel les explosions se succèdent, etc.

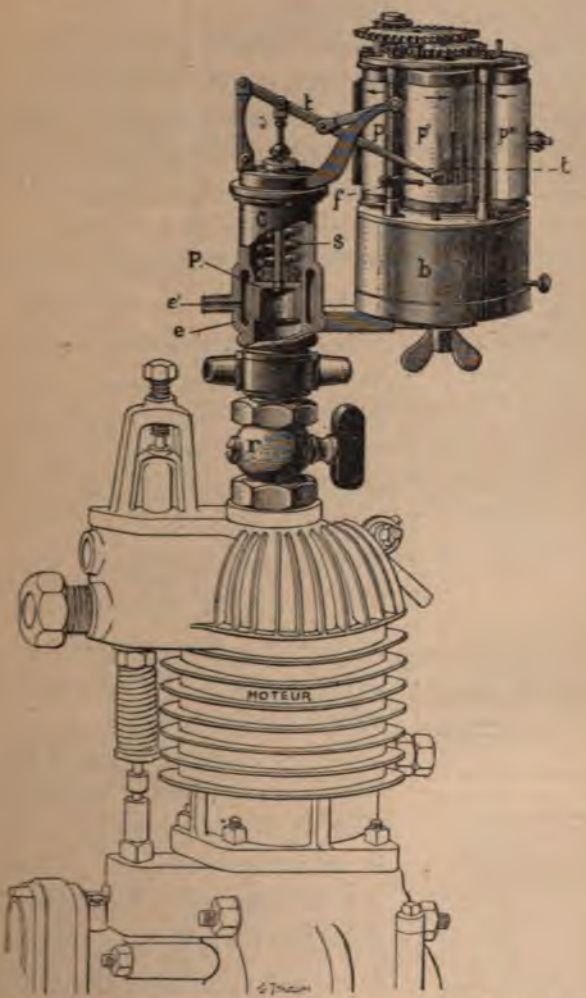


Fig. 138. — Enregistreur continu système R. Mathot.

Il permet de déterminer expérimentalement les dimensions les plus favorables à donner aux soupapes d'admission et d'échappement en raison des différentes vitesses ; d'évaluer la résistance à

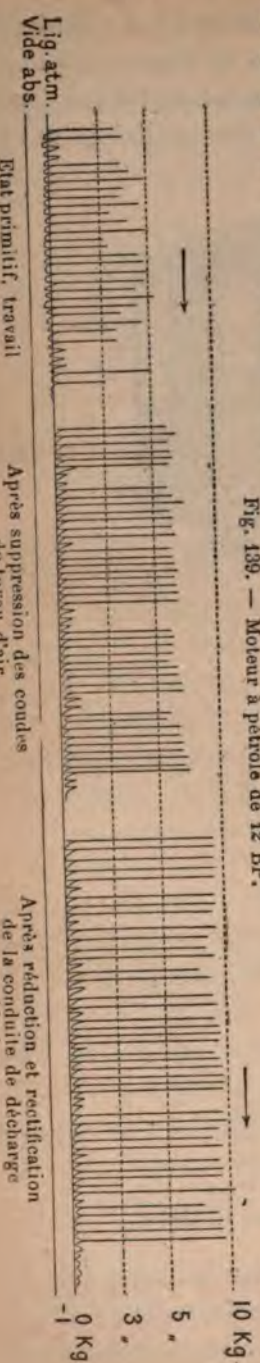


Fig. 139. — Moteur à pétrole de 12 EP.

l'aspiration et la contrepression au refoulement qui sont les principales causes de pertes d'effet utile dans les moteurs à grande vitesse ; d'apprécier la valeur et le rôle si important de la compression, etc.

L'Enregistreur étant monté sur le moteurs, on piston est refoulé par chacune des explosions à une hauteur correspondant à la puissance de celles-ci et le traceur, commandé par le levier (*l*), les enregistre l'une à côté de l'autre sur la bande de papier en mouvement.

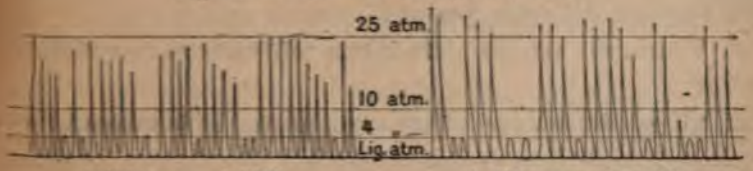
On règle la vitesse de translation de cette bande par rapport au nombre de tours du moteur qu'on veut essayer pour que les traits représentatifs des explosions soient clairement juxtaposés. Leur succession indique, non seulement le nombre d'explosions (et de tours) en un temps donné, mais encore leur régularité, leurs alternances avec les « ratés », leur pression en atmosphères mesurée à l'échelle de flexion du ressort de l'enregistreur.

En outre, par l'emploi d'un ressort très faible qui fléchit à fond par le seul effet de la compression, on peut fixer la valeur de la résistance à l'aspiration et à l'échappement. Il suffit, en effet, de comparer l'origine des traits d'explosion à la ligne atmosphérique marquée par le traceur (*f*).

On peut, à l'aide de cet appareil, en cours de marche, d'après les indications données, régler le fonctionnement du moteur d'une manière analytique : re-

chercher la proportion d'air, de gaz ou d'essence qui détermine la plus forte explosion ; contrôler l'influence de la compression, de la température, de la vitesse, du temps d'allumage, etc. (fig. 139, 140, 141).

Fig. 140. — Moteur à essence de 6 BHP.

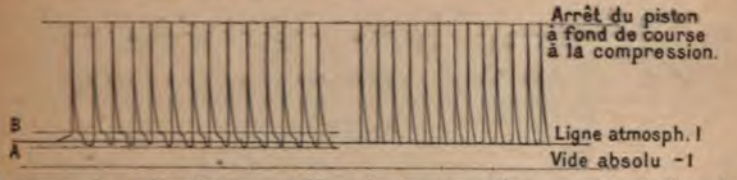


A 800 tours : 4 BHP.
Avec 80 % d'explosions.

A 600 tours : 4,5 BHP.
Avec 80 % d'explosions.

Nous donnerons quelques indications sur la façon d'utiliser l'enregistreur.

Fig. 141. — Influence des dimensions des organes d'aspiration et d'échappement.



A. Dépression à l'aspiration : 1/10 d'atmosphère. — B. Contrepression à l'échappement : 3/10 d'atm.

Après correction : augmentation de force : 29 %.

I. *Vérification de la valeur de la compression.* — On opère avec un ressort de puissance moyenne dont la flexion totale correspond à peu près au maximum de compression de façon à obtenir une courbe à grande échelle.

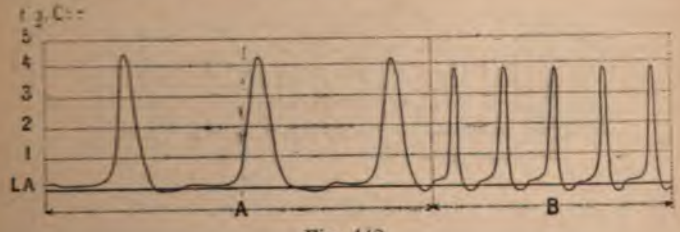


Fig. 142

On fait tourner le moteur sans explosions, en le commandant par la dynamo dont on se sert généralement dans les ateliers, aux différentes vitesses à envisager.

La compression du mélange varie en raison inverse du nombre de tours de l'arbre, par suite des résistances qui se produisent dans les conduites et les soupapes et qui augmentent avec la vitesse.

La figure 142 correspond à des portions de graphiques relevés dans deux cas différents, savoir :

A. Vitesse du moteur : 950 tours ; valeur de la compression : $4^{kg},85$;

B. Vitesse du moteur : 500 tours ; valeur de la compression : $4^{kg},30$, soit 11,5 % en moins.

II. *Evaluation des résistances à l'aspiration et à l'échappement.* — Influence de la tension du ressort de la soupape d'aspiration et de la section de l'orifice. Influence de la section de la soupape d'échappement, de la longueur et de la forme de la tuyauterie d'échappement.

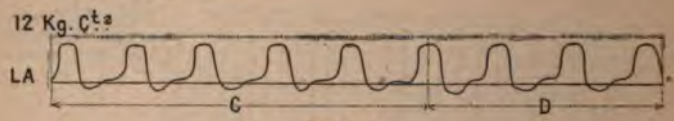


Fig. 143

On opère avec un ressort très léger dont on limite la course par un arrêt, de façon à obtenir, à une échelle relativement grande, les dépressions et les résistances qui se traduisent respectivement par la position de la courbe correspondante, soit en dessous, soit au-dessus de la ligne atmosphérique (fig. 143).

C. Tension de la soupape d'aspiration : 950 grammes. Résistance à l'aspiration : 1/7 d'atmosphère.

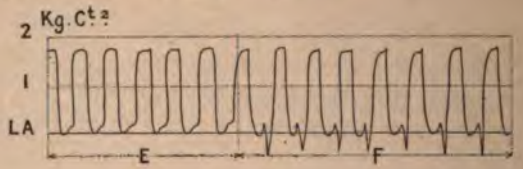


Fig. 144

D, Tension de la soupape d'aspiration : 990 grammes. Résistance à l'aspiration : 2/7 d'atmosphère.

E. L'échappement se produit dans un pot ; résistance à l'échappement : 2/7 d'atmosphère.

F. L'échappement se produit à l'air libre, le tuyau et le pot ayant été supprimés. Résistance à l'échappement nulle, dépression (fig. 144).

Il y a lieu de supposer que la dépression constatée sur le graphique est due en partie à l'inertie du ressort de l'enregistreur qui se détend brusquement au moment de l'ouverture de la soupape d'échappement.

III. *Comparaison de la puissance moyenne des explosions par les ordonnées juxtaposées.* — On opère avec un ressort puissant, on donne au papier de l'enregistreur une petite vitesse de translation afin de rapprocher autant que possible les ordonnées correspondant aux explosions (fig. 145).

G. Alcool pur : explosions de 26 à 30 kilogrammes.

H. Alcool carburé : explosions de 28 à 32 kilogrammes.

I. Essence : explosions de 34 à 36 kilogrammes.

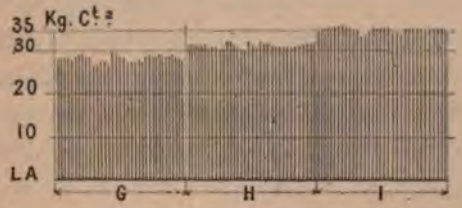


Fig. 145

IV. *Analyse du cycle par diagrammes ouverts représentant les quatre temps.* — On opère avec un ressort puissant et l'on donne au papier son maximum de vitesse de translation. On distingue

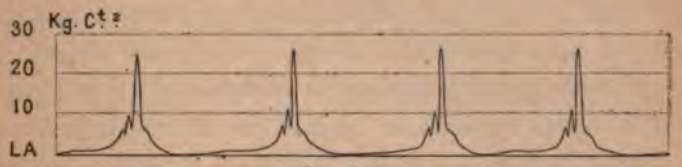


Fig. 146

nettement les quatre phases du cycle qui se succèdent sur le graphique de droite à gauche, c'est-à-dire en sens contraire du déroulement du papier, et qui forment un diagramme ouvert reproduisant exactement les valeurs des pressions correspondant aux différents points de la course du piston (fig. 146).

La reproduction des phases du cycle est aussi fidèle que si elle était obtenue au moyen d'un indicateur a diagrammes donnant [illegible]

En ce qui concerne la lecture des indications, il ne résulte aucun inconvénient de ce que le mouvement du papier n'est pas [illegible] de sens à la marche du moteur.

Différentes tentatives ont été faites pour obtenir des diagrammes relevés à l'aide d'enregistreurs dans lesquels la translation du papier était commandée par le moteur lui-même, mais ces appareils, de même que les indicateurs ordinaires à diagrammes, ne sont pas applicables lorsque la vitesse du moteur dépasse 400 à 500 tours par minute.

1° Vitesse 1200 tours : alcool carburé ; puissance moyenne des explosions : 30 kilogrammes ; compression moyenne : 6k,5 ; pression à la fin de la détente : 1k,5.

V. *Analyse des effets d'inertie de l'Enregistreur. Choix du ressort approprié.* — Etant donnée la vitesse avec laquelle les explosions se succèdent dans les moteurs d'automobiles, il est aisé de comprendre que des effets d'inertie, de la part des pièces en mouvement de l'enregistreur, peuvent se produire et se manifester sur le graphique (fig. 146).

L'importance de ces effets est fonction du poids des pièces en mouvement dans l'enregistreur et du chemin qu'elles parcourent.

Les masses en mouvement sont constituées par le piston, sa tige, le ressort et les leviers du parallélogramme traceur. Nous avons considérablement atténué les effets d'inertie en réduisant au minimum le poids des différentes pièces ; nous avons adopté notamment un piston évidé, une tige creuse, des leviers courts et légers. Nous avons remplacé le traditionnel crayon par une pointe en argent agissant sur papier couché métallophile, enfin nous avons substitué aux ressorts lourds et à longue course, des ressorts légers, quelque puissants, et à faible amplitude.

La bonne lubrification du cylindre de l'enregistreur étant, dans l'espèce, d'une grande importance, nous l'avons assurée à l'aide d'un dispositif fort simple. L'évidement du piston forme cuvette qu'on remplit d'huile chaque fois qu'on change de ressort.

A chaque explosion le brusque ressaut du piston projette

l'huile contre les parois du cylindre et en assure le graissage parfait.

Il est à noter que si, faute de prendre les précautions ci-dessus, et notamment de choisir le ressort le plus convenable pour chaque expérience, des effets d'inertie se produisent, ils sont faciles à discerner sur le graphique et ne peuvent se confondre avec les courbes interprétatives des phénomènes qui se passent dans le cylindre du moteur.

A la hauteur à laquelle le piston se meut, le cylindre de l'enregistreur est pourvu d'une circulation d'eau qui le maintient à une température convenable pour empêcher le grippage.

La chambre d'explosion des moteurs d'automobiles ayant un volume extrêmement réduit, il importe, pour ne pas modifier les conditions de marche, de ne pas augmenter d'une façon sensible le volume de cette chambre.

A cet effet nous avons agencé le cylindre de notre enregistreur de telle façon que le piston se meuve à hauteur du robinet de connexion.

Une conséquence de cette disposition est de réduire à un minimum, en dehors du cylindre du moteur, le champ d'action des gaz. Ceux-ci n'ont aucun parcours sinueux à effectuer et ne subissent ni perte de charge ni refroidissement.

CHAPITRE XV

—

CHOIX D'UNE INSTALLATION

Nous avons exposé, aussi complètement que possible, les conditions que doivent remplir les moteurs et les gazogènes, pour fonctionner d'une façon rationnelle et pour assurer à l'industriel qui les emploie, un service normal, régulier et économique.

Il arrive souvent, malheureusement, que les installations ne sont pas faites comme elles devraient l'être; en conséquence, leur fonctionnement est défectueux et cet état de choses jette un discrédit immérité sur les moteurs à gaz.

L'emploi des gazogènes par aspiration notamment, faute d'expérience indispensable, a causé, au début surtout, de graves ennuis à certains industriels qui les employaient et beaucoup de personnes, aujourd'hui encore, hésitent à les adopter, malgré leurs avantages économiques incontestables, à cause de la prétendue insécurité de leur marche.

L'industriel qui désire installer un moteur à gaz n'a pas, en général, la compétence nécessaire pour pouvoir apprécier la valeur intrinsèque d'un moteur par rapport à un autre, ou pour juger si les plans d'installation qu'on lui soumet sont conçus suivant toutes les règles de l'art.

La multiplicité des types qui lui sont offerts par les constructeurs ou leurs agents, qui, tous, indistinctement, affirment être en mesure de fournir une installation meilleure que celle de leurs concurrents, jette nécessairement un certain trouble dans l'esprit de l'acheteur.

Celui-ci ne sachant plus quelle décision prendre, se prononce généralement pour le fournisseur dont le prix est le moins élevé.

Bien souvent ensuite, il constate que son installation est loin d'être parfaite et il songe seulement alors, un peu tardivement, à faire appel au concours d'un conseil technique compétent en la matière.

Notre expérience personnelle nous a permis de constater que huit fois sur dix, les industriels ayant agi de leur propre initiative pour faire choix d'un moteur, n'avaient pas obtenu une installation répondant aux conditions qu'on est en droit d'exiger des constructeurs et que beaucoup d'entre eux sont en mesure de réaliser lorsque, dans le but de s'assurer un bénéfice plus élevé, ils ne négligent pas certains détails de construction ou d'installation qui paraissent superflus, mais qui ont une très grande importance au point de vue du bon fonctionnement des installations.

Nous ne saurions donc trop recommander aux industriels qui se proposent d'installer une force motrice, de recourir aux conseils d'un spécialiste compétent.

Intervention d'un Ingénieur Conseil. — Celui-ci, opérant comme le fait un architecte pour une construction, doit être d'une indépendance absolue vis-à-vis de tous les constructeurs.

Il réalisera un programme comportant les différents points suivants :

1° L'étude préalable de l'installation, tant au point de vue mécanique qu'à celui de l'aménagement des locaux, pour ne pas s'exposer à commander un moteur trop fort ou trop faible, un type incompatible avec les emplacements dont on dispose ou ne répondant pas exactement à l'usage qu'on en attend ;

2° L'examen des précautions à prendre pour éviter ou atténuer certains inconvénients relatifs au fonctionnement des moteurs à explosion ;

3° L'établissement d'un programme unique d'après lequel les fournisseurs fassent leurs offres, afin de rendre celles-ci comparables entre elles ;

4° La rédaction d'un cahier des charges et d'un contrat qui ne soient pas exclusivement formulés en faveur du constructeur et qui offrent à l'acheteur des garanties sérieuses ;

5° La surveillance technique de l'installation en cours d'exécution ;

6° Les essais de réception et la vérification des garanties données.

Cahier des Charges. — Les entreprises de construction de moteurs et de gazogènes étant naturellement faites dans un but commercial, on conçoit aisément que les fournisseurs cherchent à obtenir de leurs installations, le bénéfice le plus élevé possible.

Les prix de revient varient nécessairement suivant la qualité des matériaux employés, les soins apportés à la construction, le nombre d'appareils d'un même type fabriqués, la disposition des organes et celle des installations.

Les différents constructeurs se livrent, dans la plupart des cas, à une concurrence très vive qui les oblige à diminuer leurs prix de vente parfois jusqu'à une limite qui réduit à néant leur bénéfice. Pour un vendeur, il est très difficile, en effet, sinon impossible, de convaincre un acheteur qu'il a intérêt à payer un prix normal en vue d'obtenir une installation bien faite, surtout lorsque d'autres vendeurs offrent l'installation à un prix moindre, en invoquant les mêmes garanties.

La conséquence de cet état de choses est que souvent les constructeurs amenés, pour ne pas laisser échapper une commande, à consentir des réductions sur le prix de vente, cherchent des compensations lors de l'exécution de la fourniture.

Ils livrent alors un moteur de dimensions plus faibles, mais tournant plus vite, ou bien ils choisissent un type ancien, ou encore ils exécutent sans soin certains détails.

Ce n'est pas là, évidemment, une règle générale, car il existe des constructeurs qui placent leur bonne réputation au-dessus de toute autre considération et qui préfèrent manquer une fourniture que de mal l'exécuter. Certains, malheureusement, cherchent avant tout à obtenir la commande, sauf à la livrer sans perte, comme ils le pourront.

L'intervention d'un ingénieur-conseil sérieux, dans une installation, a pour conséquence de remettre les choses au point.

Il fixe dans le cahier des charges, les multiples conditions

techniques que doit remplir une installation dans son ensemble et dans ses détails.

Il stipule dans ce cahier des charges, des sanctions pécuniaires, en cas d'inexécution des garanties afin de donner une réelle valeur à ces garanties qui, sinon, restent en général sans effet.

Une première conséquence de cette intervention est de reléguer au second plan, la question de prix des machines et des appareils.

En effet, un industriel qui s'adresse à un ingénieur-conseil et rémunère ses services est guidé, principalement, par le désir d'obtenir une installation bien exécutée et lui offrant toute sécurité au point de vue de la bonne marche.

Il est donc décidé à l'avance à faire les sacrifices nécessaires pour arriver à ce résultat.

Un acheteur qui place en première ligne la question de prix, n'a pas à s'adresser à un spécialiste pour l'étude et la surveillance des installations qu'il projette ; il peut aisément faire choix lui-même de l'offre la plus basse. Malheureusement, l'économie qu'il aura réalisée en opérant de cette façon, sera presque certainement absorbée et bien au-delà par le préjudice que lui causeront, dans l'avenir, les arrêts et les chômages dus aux défectuosités des appareils, choisis en considérant avant tout le prix le plus bas.

Le concours d'un ingénieur-conseil est donc favorable à l'acheteur, puisqu'il lui assure pour ses installations des garanties efficaces de bon fonctionnement ; il est en même temps favorable aux vendeurs, puisqu'il leur permet de faire valoir les qualités de bonne exécution de leur construction et d'en obtenir un prix raisonnable.

Aussi les constructeurs sérieux acceptent-ils sans difficulté les cahiers des charges des spécialistes dont la compétence en matière de moteurs et gazogènes est reconnue, et qui, par conséquent, n'introduisent pas dans leurs prescriptions, des clauses irréalisables. Certains vendeurs refusent d'accepter les conditions d'un cahier des charges sérieusement établi, ou stipulent un prix différent, suivant qu'ils font une offre sans ou avec cahier des charges ; dans les deux cas, on peut poser comme une règle presqu'absolue, qu'ils ont eu l'arrière-pensée de ne pas donner à l'acheteur, tout ce que celui-ci est en droit d'exiger.

Essais des Installations. — Lorsque le choix du fournisseur a été fait, le conseil technique surveille l'installation en cours d'exécution et procède ensuite aux essais destinés à vérifier la force et la consommation garanties.

Les procédés que l'on emploie pour vérifier le fonctionnement d'un moteur à gaz sont complexes et délicats.

La qualité du gaz, la proportion des éléments du mélange, le moment et le mode d'allumage, la température des parois, la température et la pression du gaz et de l'air aspirés, etc., etc. sont autant de facteurs ayant une influence sensible sur les résultats.

Faute d'en tenir compte exactement, les conclusions d'un essai peuvent être absolument fausses.

Les indicateurs à diagrammes à employer ne peuvent pas être quelconques ; ils doivent être spécialement construits pour moteurs à gaz.

Leurs indications ne suffisent pas et celles-ci doivent être complétées par des graphiques d'enregistreurs d'explosions.

Le pouvoir calorifique du gaz doit être mesuré, soit au moyen d'une bombe de Witz, soit au moyen d'un autre calorimètre.

L'interprétation des diagrammes et des graphiques présente, en outre, certaines difficultés ; il arrive fréquemment qu'on attribue telle ou telle forme de courbe à une cause toute autre que la cause réelle, et c'est presque toujours le cas pour les ingénieurs qui n'ont expérimenté que des moteurs de même origine et ne possèdent pas d'éléments de comparaison suffisants pour tirer de l'examen des diagrammes des conclusions certaines.

En résumé, l'essai des moteurs à gaz est une opération qui n'est pas à la portée du premier venu.

Elle exige une longue expérience et l'emploi d'un matériel de précision important.

Il nous est arrivé souvent d'assister, contradictoirement, à des expertises dans lesquelles l'opérateur se contentait d'appliquer sur un moteur, pour constater la force dont il était susceptible, soit un frein de Prony, soit un frein à corde monté sur le volant.

Le frein permet seulement de constater un résultat brutal ; c'est un moyen de contrôle et non pas un moyen d'investigation.

Il ne suffit pas aux intéressés de connaître la force que leur

machine atteint, ils doivent être éclairés sur les raisons pour lesquelles cette force n'est pas dépassée, afin de pouvoir apporter, s'il y a lieu, les modifications nécessaires pour tirer un meilleur parti de leur moteur et le faire fonctionner dans les conditions les plus économiques.

L'indicateur et l'enregistreur sont les appareils d'investigation qui permettent de révéler les anomalies de marche et d'y remédier.

La vérification doit permettre d'apprécier si la force n'est pas atteinte grâce à des artifices de réglage qui auraient pour effet d'entraîner l'usure prématurée du moteur.

Nous ne décrirons pas les indicateurs dont le type classique de Watt est très connu. Nous nous bornerons à dire quelques mots de l'*enregistreur d'explosions* que nous avons été amenés à combiner pour compléter les données obtenues à l'aide de l'indicateur.

Enregistreur d'explosions pour moteurs industriels. — L'enregistreur d'explosions représenté par la figure 147, peut s'adapter à tout indicateur à diagrammes ordinaire. Il est composé d'un bâti (B) qui supporte un tambour (T). Celui-ci tourne sous l'action d'un mouvement d'horlogerie défilant dont la vitesse est réglée à l'aide d'un régulateur compensateur spécial.

Tout le système pivote autour du point d'attache (O), de manière que le tambour (T), entouré d'une feuille de papier, peut venir se placer contre le traceur (C), lequel marque toutes les explosions en nombre et en puissance.

Celles-ci se mesurent à l'échelle du ressort employé à l'indicateur.

Les diagrammes permettent d'apprécier pour un cycle déterminé, la compression ainsi que la puissance de l'explosion et de suivre les phénomènes de détente, d'échappement et d'aspiration, mais ils ne suffisent pas pour faire connaître exactement la marche générale des moteurs.

En effet, dans la plupart des moteurs à gaz, à pétrole, à benzine, etc., les explosions qui se suivent diffèrent entre elles par leur importance, et il est indispensable de pouvoir contrôler les variations qui s'y produisent.

L'enregistreur d'explosions donne un tracé graphique sur on peut lire le nombre d'explosions, la pression initiale d cune, le nombre de tours correspondant, l'ordre dans leq

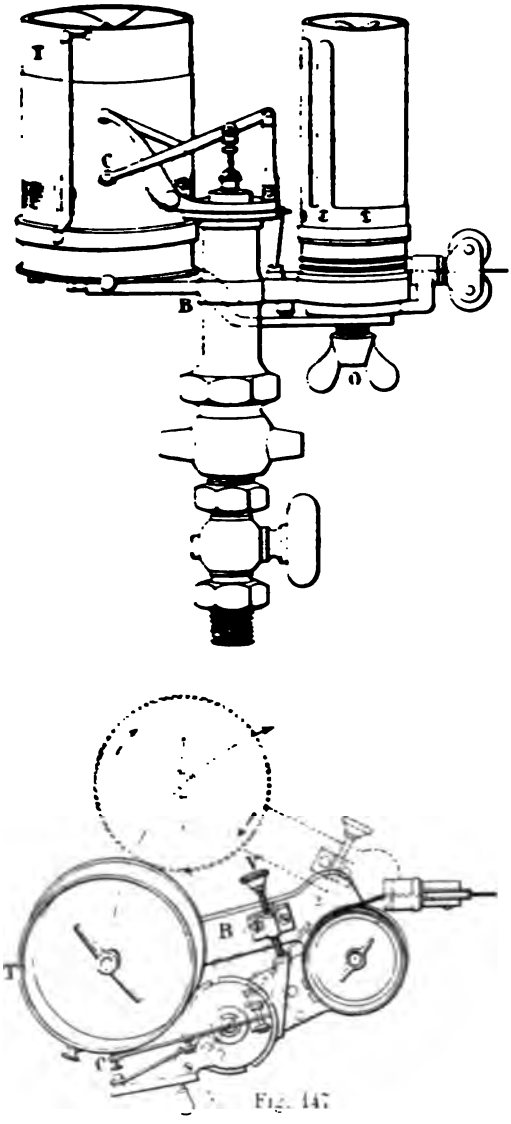


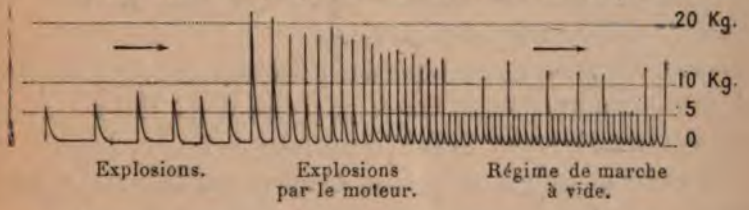
Fig. 147

explosions se succèdent et par conséquent la régularité des nances résultant d'influences secondaires, telles que la secti organes de distribution, la sensibilité du régulateur, etc.

Les graphiques d'explosions se relèvent simultanément avec les diagrammes ordinaires.

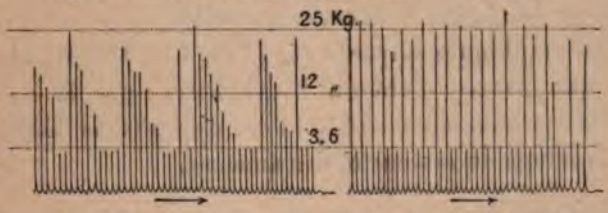
A cet effet, il suffit, en le faisant pivoter autour du point d'attache, d'engager ou de dégager le tambour porte-papier, de

Fig. 148. — Graphique de mise en marche automatique.



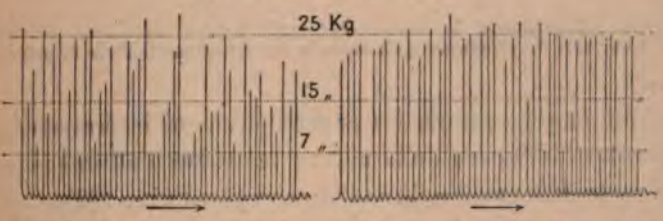
façon que le traceur, influencé par chaque explosion, y fasse son empreinte ou bien trace le diagramme ordinaire sur le tambour de l'indicateur même qui continue à se mouvoir.

Fig. 149. — Moteur à gaz fonctionnant à $^1/_2$ charge.



L'enregistreur d'explosion permet ainsi de contrôler le fonctionnement des moteurs et d'apporter en connaissance de cause,

Fig. 150. — Moteur à gaz.



à leur construction et à leur réglage, les perfectionnements ou les modifications qui doivent en assurer le meilleur rendement.

Une série de graphiques reproduite ci-contre, montre les défauts de réglage et de construction de certains moteurs, ainsi que les résultats des améliorations apportées expérimentalement d'après les indications fournies par ces graphiques.

Les petits traits indiquent la compression, qui est généralement constante dans les moteurs réglant par *tout ou rien* ; les grands traits indiquent les explosions.

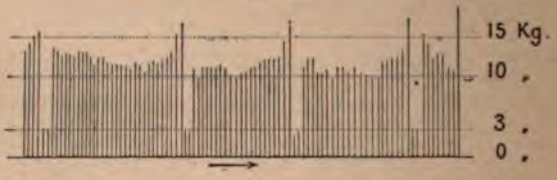
Ces reproductions ne sont que des parties des graphiques complets qui sont normalement tracés en l'espace de 120 secondes, correspondant à un tour entier du tambour de l'enregistreur.

Le premier graphique est pris au démarrage d'un moteur muni d'une *mise en marche automatique* du système à mélange tonnant sans compression préalable (fig. 148).

La diminution graduelle de l'écartement des ordonnées, ou traits représentatifs des explosions, permet de se rendre compte de l'augmentation de vitesse du moteur et du temps nécessaire à l'obtention du régime de marche normale.

Les trois graphiques suivants (fig. 149, 150, 151) montrent les résultats que permet d'obtenir l'enregistreur par la correction rationnelle des anomalies résultant des dispositions défectueuses dans le montage du moteur et des annexes.

Fig. 151



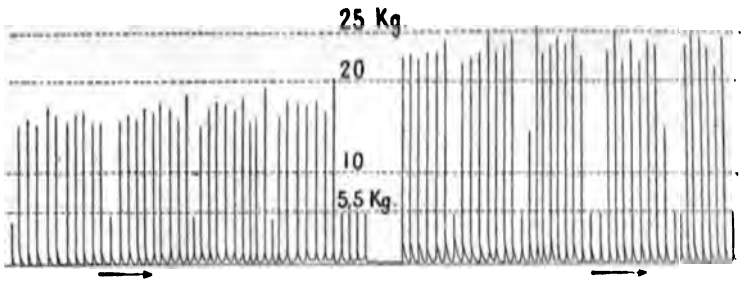
Par suite de l'insuffisance de section des conduites les explosions n'atteignent leur maximum de puissance qu'à mesure du ralentissement de la marche.

Le cinquième graphique est particulièrement intéressant en ce qu'il montre l'influence de la nature des tubes d'allumage sur la puissance de déflagration du mélange explosif (fig. 152).

Ce graphique a été obtenu sur un moteur muni de deux tubes contigus ; la communication de chacun d'eux avec la chambre d'explosion pouvait à volonté être instantanément interceptée.

Quant au dernier graphique (fig. 153), il a été relevé en une

Fig. 152



Allumage par tube en faïence. Allumage par tube métallique.

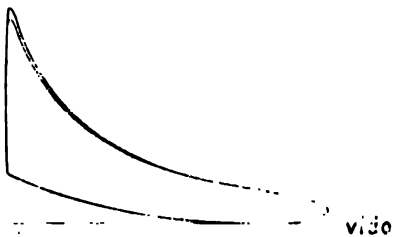
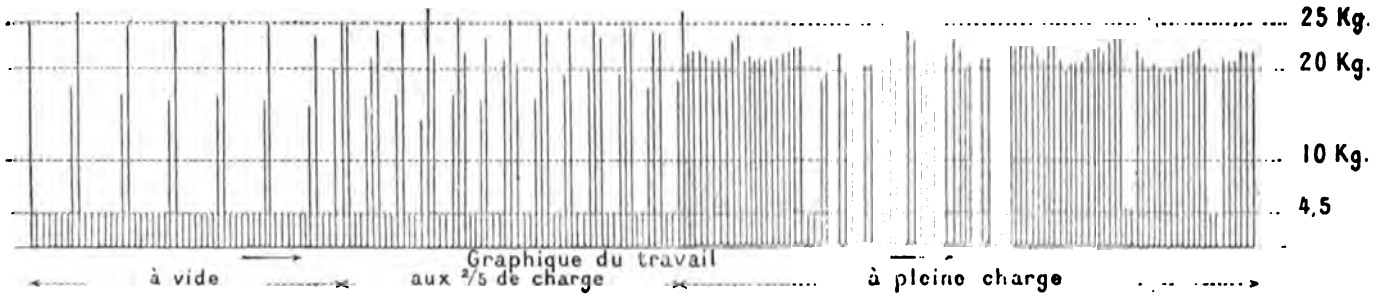


Diagramme relevé simultanément avec le graphique.

Fig. 153



période pendant laquelle on a fait varier à deux différentes reprises le travail effectif du moteur. Ce graphique atteste de la régularité de la marche et de la valeur sensiblement constante des pressions initiales. Celles-ci, néanmoins, comme c'est le cas dans la plupart des moteurs, diminuent d'une façon manifeste, lorsque les explosions se suivent sans alternances de *passages à vide*. C'est un contrôle de l'influence du *balayage* des produits de combutions et de son rôle dans le rendement des moteurs à explosion.

Analyse des gaz. — Nous avons dit plus haut que l'une des opérations d'un essai consistait dans la mesure du pouvoir calorifique du gaz.

La connaissance de cet élément est nécessaire pour se rendre compte du rendement thermique de l'installation. Lorsqu'il s'agit de gazogènes par aspiration, appareils avec lesquels la nature du gaz produit se modifie à chaque instant, les analyses calorimétriques sont indispensables pour permettre d'apprécier les conditions de fonctionnement du générateur.

Ces analyses se font au moyen de calorimètres qui donnent le pouvoir calorifique à pression constante, ou au moyen de *bombes* qui déterminent les pouvoirs à volume constant. Ce dernier est un peu plus faible que le premier, mais c'est celui qu'il importe de connaître pour calculer le rendement des moteurs à explosion, ainsi que le dit M. Aimé Witz, l'inventeur d'une bombe calorimétrique très appréciée.

Bombe de Witz. — La figure 154 représente l'appareil, il est formé d'un cylindre d'acier de 60 millimètres de diamètre intérieur, sur environ 2 millimètres d'épaisseur ; sa hauteur est de 90 millimètres, ce qui lui donne une capacité d'environ 255 centimètres cubes. Deux couvercles sont vissés sur le cylindre et en effectuent la fermeture hermétique par simple interposition d'un papier huilé. Le couvercle supérieur porte l'excitateur d'étincelle ; le couvercle est muni d'une soupape autoclave, qui débouche dans un ajutage cylindrique de 27 millimètres de diamètre.

Ce second couvercle présente une déclivité de la circonférence

au centre, de manière à faciliter l'écoulement complet, par l'ouverture centrale, du mercure employé pour charger la bombe. Toutes les surfaces sont nickelées ; les poids de l'acier et du nickel ont été relevés par le constructeur, de manière à permettre l'évaluation par le calcul du poids en eau de l'appareil.

Cette bombe étant complètement remplie de mercure, est renversée sur ce liquide, à la façon d'une éprouvette ; le mélange tonnant y est introduit par l'intermédiaire d'un tuyau de caoutchouc, en le transvasant d'une cloche, dans laquelle il a été préparé à l'avance ; le gaz passe, grâce à une pression déterminée, dans la cloche. La forme conique du fond permet à la bombe de se vider complètement et de se remplir entièrement de gaz tonnant, à une pression légèrement supérieure à celle de l'atmosphère ; on rétablit l'égalité en desserrant un peu la soupape, pendant un instant très court, de manière à livrer issue à l'excès de gaz ; il faut que cette opération se fasse en tenant la bombe verticalement dans la position de la figure. On lit au baromètre la pression atmosphérique au 1/10 de millimètre et l'on prend pour température du gaz celle de la cuve à mercure.

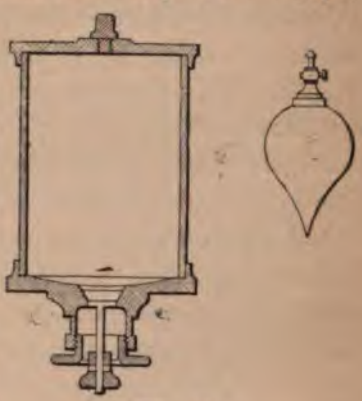


Fig. 154

Le mélange tonnant est préparé sur la cuve à eau en se servant de l'ampoule de verre figurée ci-contre. Cette ampoule, fermée par un robinet à la partie supérieure, se termine à la partie inférieure par un bout effilé ; le gaz ou l'air arrive par le haut, à travers un tuyau de caoutchouc, et il se substitue lentement à l'eau qui s'écoule par le bas.

Les ampoules jaugent de 200 à 500 centimètres cubes et l'erreur commise à chaque remplissage est certainement inférieure à 15 millimètres cubes. On vide ensuite le contenu dans une cloche, en glissant l'ampoule en dessous dans l'eau et en ouvrant le robinet. Si l'on mêle 7 ampoules d'air et une ampoule de gaz, on a un mélange tonnant au 1/7 ; c'est la proportion

employée habituellement pour les gaz de ville ; pour les gaz pauvres on forme de préférence un mélange de un pour un, l'air étant souvent additionné d'oxygène, pour assurer une combustion complète.

La bombe étant chargée on l'introduit dans un calorimètre renfermant près d'un litre d'eau, de manière à l'y noyer, et on fait passer l'étincelle ; l'explosion a lieu sans aucun bruit, la température s'élève d'une quantité déterminée et il est aisé d'en déduire la quantité de chaleur dégagée.

Chaque division du thermomètre équivaut à 0°,01502 ; on l'observe au viseur, à distance, et en divisant chaque intervalle au 1/10 on apprécie le millième et demi de degré.

Il est à noter que le mélange formé sur la cuve à eau est saturé de vapeur d'eau à la température de cette cuve ; il en résulte que la vapeur d'eau formée lors de l'explosion se condense nécessairement dans la bombe, si toutefois la température finale du calorimètre est la même que celle de la cuve à eau ; au cas où la température serait légèrement différente, il y aurait lieu à correction, mais elle est négligeable pour un écart de 2 à 3°, qu'on n'atteint jamais quand l'opération est faite dans de bonnes conditions.

Cet appareil est excessivement simple et pratique, il n'exige aucune manœuvre de pompe ; la pression du mélange se lit au baromètre avec la précision que comporte cet instrument ; la bombe est entièrement immergée dans l'eau du calorimètre et on évite ainsi des corrections d'une exactitude discutable. La méthode n'exige qu'une très faible correction de température.

On peut opérer avec de l'air ou avec de l'oxygène ou avoir recours à un mélange d'air et d'oxygène.

Conduite des installations. — Si l'intervention d'un ingénieur-conseil est nécessaire pour assurer aux industriels des installations bien comprises et susceptibles de fonctionner dans de bonnes conditions, le choix d'un ouvrier habile et soigneux est indispensable pour les maintenir en bon état de marche.

Beaucoup de personnes croient qu'un moteur à gaz est susceptible de fonctionner sans soins ni surveillance. Ce préjugé s'est répandu par suite de l'emploi des petits moteurs à gaz de ville qui,

en effet, grâce à leur grande simplicité et à la régularité de leur alimentation, peuvent marcher pendant plusieurs heures et même pendant une journée entière sans qu'on ait à s'en occuper.

Il faut bien se garder d'appliquer cette manière de faire aux moteurs à gaz fonctionnant avec gazogènes.

Bien que la surveillance de ces appareils en marche ne doive pas être nécessairement continue, elle doit être suffisante pour maintenir l'allure en régime régulier ; de plus, l'entretien du moteur, le nettoyage des soupapes et des différents organes susceptibles de s'encrasser, la visite et le nettoyage des tuyauteries doivent être faits avec grand soin et à intervalles réguliers.

Il est indispensable de charger de ce travail un homme intelligent et de ne pas prendre à cet effet, comme certains sont tentés de le faire, un ouvrier quelconque, incapable de se rendre compte de l'importance des soins qu'il doit donner aux appareils.

Tout industriel qui, pour ses installations de moteur et gazogènes, se pénétrera bien des avis que nous avons donnés dans ce *Manuel* évitera des ennuis, des chômages et arrêts intempestifs et pourra compter sur un fonctionnement plus économique et aussi régulier que celui d'une machine à vapeur.

TYPES DE PROCÈS-VERBAUX D'ESSAIS

Nous reproduisons ci-après les résultats de quelques essais de moteurs de différentes forces et constructions.

Essai d'un moteur à gaz Stockport de *50 chevaux* avec gazogène Dowson.

effectué par R. Mathot
dans les usines de la Société d'installations électriques G. Boty, à Bruxelles, le 27 juin 1901

ÉLÉMENTS DE L'ESSAI

Diamètre du piston : 394 mm. — Course du piston : 559 mm.
Nombre de tours de régime : 210.

1.	Pouvoir calorifique du combustible	cal.	7250
2.	Nature et origine du combustible. Anthracite du bassin de Charleroi.		
3.	Coût du combustible par tonne à la mine	fr.	27,50
4.	» » à l'usine	fr.	31,93
5.	Consommation horaire d'anthracite au gazogène.	kg.	21
6.	» » à la chaudière	kg.	3,18
7.	Teneur en cendres de l'anthracite	o/o	6

8. Poids de vapeur produite à 4,5 atm. par heure . . . . . kg.
9. Travail effectif moyen au volant . . . . . chx.
10. Consommation d'anthracite pr. le gaz par cheval-heure eff. kg.
11. » » pr. la vapeur » »
12. » totale d'anthracite » »
13. » de vapeur correspondante à 4,5 atm. . . . »
14. Pression du gaz au moteur . . . . . mm.
15. Quantité d'eau pour le refroidissement du cylindre, entrée à 20° C et sortie à 45°,5, par cheval-heure eff. . . . . kg.
16. Quantité de chaleur absorbée par le refroidissement. . . cal.
17. Moyenne des pressions explosives initiales sur le piston. kg.ct.
18. Moyenne des pressions moyennes sur le piston . . . . »
19. Travail moyen indiqué avec 85 % des explosions . . chx.-ind.
20. Rendement mécanique correspondant . . . . . %
21. Travail électrique correspondant . . . . . kilowat.
22. Coût du cheval-heure . . . . . Centimes.
23. Coût du kilowatt-heure. . . . . Centimes
24. Travail électrique développé par cheval effectif. . . . watts.
25. Rendement thermique à 53 chx-eff. avec 85 % d'explosions. %

Essai d'un moteur à gaz Winterthur de *20 chevaux* avec gazogène par aspiration

effectué par R. Mathot à Winterthur les 4 et 5 juin 1902

ESSAI AU GAZ DE VILLE

A pleine charge

1. Nombre de tours du moteur par minute . . . . . .
2. Nombre d'explosions correspondantes . . . . . %
3. Charge nette au frein . . . . . kg.
4. Travail effectif correspondant . . . . . chev.
5. Moyenne des pressions explosives initiales par cent. car. . . kg.
6. Moyenne des pressions moyennes sur le piston . . . . . kg.
7. Moyenne des consommations de gaz de minute en minute. . lit.
8. Consomm. par cheval-heure effectif en gaz à 24° et 721 mm. lit.
9. Consommation en gaz réduite à 0°. et à la press. atmosph. 760. »

A demi-charge

10. Nombre de tours par minute . . . . . .
11. Nombre d'explosions correspondantes . . . . . %
12. Charge au frein . . . . . kg.
13. Travail effectif correspondant . . . . . chev.
14. Moyenne des consommations de gaz relevées de min. en min. lit.
15. Consomm. par chev. heure-eff. en gaz à 24° et 721 mm. . . »
16. Consomm. en gaz réduite à 0° et 760 mm. de press. atm . . »

Essai à vide et Rendements

17. Nombre de tours au moteur. . . . . .
18. Nombre d'explosions correspondantes . . . . . %
19. Consomm. totale de gaz à 24° et 721 mm. press. atm. . . . lit.
20. Pouvoir calorifique supérieur du gaz déclaré . . . . . cal.
21. Rendement thermique avec 96 % d'explosions. . . . . %
22. Rendement mécanique » . . . . . »
23. Température de l'eau au cylindre à l'entrée. . . . . deg. C.
24. Température de l'eau au cylindre à la sortie . . . . . »

ESSAI AU GAZ PAUVRE (5 juin 1902)

Essai à pleine charge

1. Nature et origine du combustible : Charbon maigre « Bonne Espérance et Batterie » (Bassin de Liège) Belgique. Dimensions : 15 × 20 mm.		
2. Composition chimique : carbone : 86,5 °/₀. Hydrogène : 3,5 °/₀. Oxygène et azote : 4,65 °/₀. Cendres : 5,35 °/₀.		
3. Pouvoir calorifique brut du combustible	cal.	7859
4. » net	»	8303
5. Coût du combustible à la mine	fr.	18
6. Coût du combustible supposé rendu à Bruxelles	fr.	22
7. Nombre de tours du moteur par minute		200
8. Nombre d'explosions correspondantes	°/₀	91
9. Charge correspondante au frein	kg.	48
10. Travail correspondant en chevaux effectifs	chev.	20,2
11. Consommation horaire de houille au générateur		7,43
12. Consommation de houille brute par cheval-heure effectif	gr.	**368**
13. Teneur en cendres trouvée à l'essai	°/₀	6
14. Moyenne des pressions explosives initiales par cent. car.	kg.	29,5
15. Moyenne des pressions moyennes initiales par cent. car.	»	5,1
16. Travail moyen indiqué avec 91 °/₀ d'explosions.	chev.	25,4
17. Rendement mécanique »	°/₀	79
18. Rendement thermique effectif rapporté au gazogène.	»	22
19. Consommation d'eau pour le refroidissement et le lavage par heure.	kg.	300
20. Coût du cheval-heure effectif en anthracite à Bruxelles.	Centimes.	**0,81**

Essais effectués sur une installation de moteur de *200 chevaux* à 4 temps, à double effet, avec gazogène par aspiration dans les ateliers de la Gasmotoren Fabrik Deutz, à Cologne, les 14 et 15 mars 1904, par MM. A. Witz, R. Mathot et Ch. de Herbais de Thun.

TABLEAU DES ÉLÉMENTS DE L'ESSAI

Diamètre du piston : D = 540. — Course du piston = 700 mm.
Diamètre de la tige du piston d_1 = 120 mm.
Diamètre de la contre-tige d_2 = 110 mm.

MOTEUR

Essai en pleine charge

		14 mars	15 mars
1. Nombre de tours moyen par minute.		151,29	150,20
2. Travail effectif correspondant	chx.	214,22	222,83
3. Durée de l'essai	h.	3	10
4. Température moyenne de l'eau après refroidissement du piston	degrés C.	»	47,66
Température moyenne de l'eau après refroidissement du cylindre et de ses annexes	degrés C.	»	57,18
5. Consommation d'eau par heure pour le piston	lit.	»	1750

GAZOGÈNE

6. Origine du combustible employé : Bonne Espérance et Batterie à Herstal, Belgique.

7. Pouvoir calorique supérieur du combustible .	Cal.	8.1 0	
8. Consommation de combustible par heure plus [illegible] pendant la nuit de 11-12	kg.	9.	72.67
9. Consommation d'eau par heure :			
Pour l'évaporateur	litres	»	63.3
Pour le scrubber	»	»	1429
10. Température moyenne du gaz, régime établi à la sortie du générateur	degrés C.	»	252
11. Température moyenne du gaz, régime établi à la sortie des scrubbers	degrés C.	»	17
RENDEMENTS			
12. Consommation de charbon brut par cheval-heure effectif pour chaque essai	grammes	420	326.12
Consommation, humidité déduite . . .	grammes	**411,16**	**319,60**
13. Rendement thermique, rapporté au travail effectif et au charbon sec consommé au gazogène .	%	0,190	0.244
14. Consommation d'eau par cheval-heure :			
Pour le cylindre et ses annexes.	litres	»	20,870
Pour le piston	»	»	7,853
Pour l'évaporateur.	»	»	0,284
Pour le lavage du gaz	»	»	6,412
15. Consommation d'eau d'évaporation par kilogramme de charbon.		»	0,871

Essai d'un moteur de *60 chevaux*, type G9, avec gazogène par aspiration de la Gasmotoren Fabrik Deutz

effectué par R. Mathot à Cologne le 15 mars 1904

TABLEAU DES ÉLÉMENTS DE L'ESSAI

Diamètre du piston : D = 420 mm. — Course du piston : 480 mm.

Essai à pleine charge

1. Nombre de tours moyen du moteur par minute.		183,66	Unités anglaises	
2. Travail effectif correspondant	chx.	65,11		
3. Compression moyenne	kg.	12	176	lbs.
4. Moyenne des pressions explosives initiales.	»	27	397	»
5. Moyenne des pressions finales de détente.	»	1,7	25	»
6. Dépression à l'aspiration	»	0,3	4,4	»
7. Moyenne des pressions moyennes	»	5,5	81	»
8. Travail indiqué correspondant.	chx.	77		

Combustible :

9. Nature du comb. : Charbon maigre 10/20 mm.
10. Origine : Charbonnage de Zeche-Morsbach à Aix-la-Chapelle.
11. Composition chimique :

Carbone	83,22 %
Hydrogène	3,31 »
Azote et oxygène . . .	3,01 »
Soufre	0,44 »
Cendres	7,33 »
Humidité	2,69 »

12. Pouvoir calorique brut	cal.	7757	13650 p. lb.	BTU

Gaz :

13. Composition chimique du gaz :

Acide carbonique . . .	6,60	%
Oxygène	0,30	»
Hydrogène.	18,90	»
Méthane	0,57	»
Oxyde de carbone . . .	24,30	»
Azote	49,33	»

14. Pouvoir calorifique du gaz, à volume constant vapeur d'eau condensée à 15°, ramené à 0° C et 760 mm. . . . . cal.	1246	140 p. C. f.	BTU
Températures. — Moteur.			
15. Température de l'eau de refroidissement entrant à 13° à la sortie de la culasse . . . deg. C.	43	109,5	Farh.
16. Température de l'eau de refroidissement entrant à 13° à la sortie du cylindre. . . . deg. C.	53	127,5	»
Gazogène.			
17. Température de l'eau dans l'évaporateur. deg. C.	84	158,3	»
Rendement.			
18. Rendement mécanique. . . . . %	84,6		
19. Consom. de charbon brut par chev.-heure. kg.	0,358	0,86	lbs.
20. Rendement thermique rapporté au travail effectif et au charbon brut consommé au gazogène %	24,3		

Essai à demi charge

Travail.			
1. Nombre de tours moyen par minute	195,5		
2. Travail effectif correspondant . . . . . chx.	33,83		
3. Compression moyenne correspondante . . kg.	8,5	125	lbs.
4. Moyenne des pressions explosives initiales. »	17,52	258	»
5. Moyenne des pressions finales de détente . »	1,1	18	»
6. Dépression à l'aspiration . . . . . »	0,46	6,8	»
7. Moyenne des pressions moyennes . . . . »	3,12	46,2	»
8. Travail indiqué correspondant . . . . . chx.	45		
9. Variation de vitesse entre la pleine et la demi-charge . . . . . %	3,5		
Rendement.			
10. Consom. de charbon brut par chev.-heure. kg.	0,525	1,115	lb.

Essai à vide

1. Nombre de tours moyen par minute.	199		
2. Compression minimum correspondante. . kg.	6,5	95,5	lbs.
3. Moyenne des pressions explosives initiales. »	15	220	»
4. Moyenne des pressions finales de détente . »	0	0	»
5. Dépression à l'aspiration . . . . . »	0,6	8,8	»
6. Moyenne des pressions moyennes . . . . »	0,76	11,2	»
7. Travail indiqué correspondant . . . . . chx.	11		
8. Variation de vitesse entre la pleine charge et la marche à vide . . . . . %	5,2		

TABLE DES MATIÈRES

Préface v
Introduction ix

CHAPITRE PREMIER

Force motrice. — Frais de premier établissement. — Exploitation. — Prix comparatifs d'installation et d'exploitation entre les machines à vapeur et les moteurs à gaz. 1

CHAPITRE II

CHOIX D'UN MOTEUR

Cycle Otto ou à 4 temps. — Distribution par soupapes. — Allumage. — Tubes d'allumage. — Allumage électrique. — Piles. — Magnétos. — Piston. — Disposition du cylindre. — Bâti. — Volants. — Arbre coudé. — Cames, rouleaux, butées. — Coussinets. — Régularité. — Régulateurs. — Moteurs verticaux. — Puissance d'un moteur. — Mise en marche automatique 7

CHAPITRE III

INSTALLATION D'UN MOTEUR

Emplacement. — Conduites de gaz. — Compteurs. — Compteurs secs. — Poches, antifluctuateurs. — Régulateurs de pression. — Aspiration d'air. — Echappement. — Autorisation Administrative 41

CHAPITRE IV

FONDATIONS. — ÉCHAPPEMENT

Maçonneries. — Trépidations. — Vibrations. — Bruits 62

CHAPITRE V

CIRCULATION D'EAU

Circulation à eau perdue. — Réservoirs. — Réfrigérants. 72

CHAPITRE VI

GRAISSAGE ET LUBRIFICATION

Qualités des huiles. — Types de graisseurs. . . . . .

CHAPITRE VII

CONDITIONS DE BONNE MARCHE D'UN MOTEUR

Entretien général. — Graissage. — Etanchéité du cylindre. — Rôdage des soupapes. — Paliers et têtes de bielles. — Régulateur. — Joints. — Circulation d'eau. — Réglage. . . . . .

CHAPITRE VIII

MISE EN MARCHE D'UN MOTEUR

Précautions préliminaires. — Etablissement du régime de marche. — Arrêt du moteur . . . . . .

CHAPITRE IX

PERTURBATIONS DANS LA MARCHE D'UN MOTEUR. — MOYENS D'Y REMÉDI

Difficultés de mise en marche. — Défaut de compression. — Présence d'eau dans le cylindre. — Allumage défectueux. — Allumage par tube. — Rupture de tube. — Fuites. — Allumage par piles ou magnétos. — Allumage prématuré. — Détonations intempestives. — Explosions retardées. — Jeu dans les pièces en mouvement. — Echauffement des coussinets. — Echauffement du cylindre et du piston. — Fumées sortant du cylindre. — Graissage défectueux. — Résistances à l'échappement. — Arrêts intempestifs des moteurs. . . . . .

CHAPITRE X

MOTEURS A GAZ PAUVRE

Hautes compressions. — Refroidissement. — Inflammations prématurées. — Mode de réglage des moteurs. . . . . .

CHAPITRE XI

GAZ PAUVRES

Gaz d'éclairage. — Composition des gaz pauvres. — Intoxication par l'oxyde de carbone. — Soins à donner aux personnes intoxiquées par l'oxyde de carbone. — Impuretés des gaz . . . . . .

CHAPITRE XII

GAZOGÈNES SOUS PRESSION

Gazogène Dowson. — Générateur. — Insufflation d'air. — Souffleurs. — Ventilateurs. — Compresseurs. — Exhausteurs. — Lavage et épuration. — Gazomètre. — Gazogène au lignite, à la tourbe, etc. — Gazogène au bois. — Gazogène à distillation. — Gazogène à combustion. — Combustion renversée 132

CHAPITRE XIII

GAZOGÈNES PAR ASPIRATION

Avantages de ces appareils. — Qualité du combustible. — Disposition d'ensemble 153
Générateurs : Corps cylindrique. — Chemise réfractaire. — Grille et support de la chemise. — Cendrier. — Boîte de chargement. — Clapets. — Tiroir. — Robinet. — Trémie. — Assemblage. — Alimentation d'air.
Vaporisateurs. — Réchauffeurs. — Vaporisateurs intérieurs. — Vaporisateurs extérieurs. — Vaporisateurs tubulaires. — Vaporisateurs à cloisons. — Fonctionnement des vaporisateurs. — Réchauffeurs d'air. 159
Collecteurs de poussières . . . . . .
Refroidisseurs. — Laveurs. — Scrubber. — Appareils d'épuration. — Réservoirs à gaz. — Sécheurs. — Tuyauteries. — Brosse d'épuration . .
Conditions de bonne marche des gazogènes : Construction et conception. — Générateur. — Vaporisateur. — Scrubbers. — Montage. — Combustible. — Entretien 197
Conduite des Appareils : Mise à feu du gazogène 201
Mise en marche du moteur : Conduite du gazogène pendant la marche. — Arrêt et nettoyage. 203

CHAPITRE XIV

MOTEURS A PÉTROLE ET A ESSENCES DIVERSES

Moteurs à pétrole. — Moteurs à essences diverses. — Prix comparatifs. — Essais des moteurs à grande vitesse. — Manographe. — Enregistreur continu pour moteur à grande vitesse 207

CHAPITRE XV

CHOIX D'UNE INSTALLATION

Intervention d'un ingénieur-conseil. — Cahier des charges. — Essais des installations. — Enregistreur d'explosions pour moteurs industriels. — Analyse des gaz. — Bombe de Witz 220
Conduite des installations 232

TABLE ALPHABÉTIQUE

A

Air comprimé. 42
Admission variable. 34
Alimentation d'air. 176
Allumage 12-109
Allumage défectueux . . 103-108-115
Allumage électrique 14-109
Allumage par tube. 13 103
Allumage par piles et bougie . 15-105
Allumage par Magnéto 16-105-109-122
Allumage prématuré . . 105-120-156
Allumeur par tube. 51
Ampoule de Witz 230
Analyse des gaz 230
Anneau de graissage 88
Anthracite. 132
Antifluctuateurs 52
Appareils d'épuration. . . 140-192
Arbre avec larmier 90
Arbre coudé 30
Arbre coudé (équilibré) 31
Arbre coudé (graissage) 87
Arrêts intempestifs des moteurs . 114
Arrêt d'un moteur 100
Arrêt d'un gazogène 205
Aspiration. 7
Aspiration d'air 56
Attaches des conduites 60
Autorisation administrative. . 61-64

B

Bague de graissage. 89
Bâti 25
Balayage. 107-118-223
Boîtes de chargement. 173
Boîte de chargement Duplex . . 176
Boîte d'aspiration 57
Bombe de Witz 230
Bougie 15
Bouton de piston. 21
Brosse d'épuration 196
Bruits 68
Brûleur Bunsen 51
Butées 31

C

Cahier des charges. 222
Calage des soupapes 115
Cames 31
Came conique. 34-123
Came de décompression 98
Cendriers 135-171
Cercles de piston. 22
Chargement d'un gazogène . . . 204
Cheminée de dégagement Benz . 178
» » Bollinckx . 177
» » Otto Deutz . 178
» » Winterthur. 177
Chemise du cylindre 24
Chemise réfractaire. 164
Chevaux effectifs. 38
Cheval-heure effectif 38
Chevaux indiqués 38
Chevaux nominaux 38
Choix d'une installation 220
Circulation à eau perdue. . . . 72
Circulation d'eau . . . 72-94-119
Clapets 174
Cloche régulatrice Pintsch . . . 194
Coke pour générateur . . 149-155 201
Coke pour scrubbers . . . 190-201
Collecteurs de poussières. . 188-201
Combustible 155-199
Combustion renversée. 149

Commande des soupapes 10
Composition de différents gaz. 125-126
Composition du mélange tonnant. 117
Compression (défaut) . . . 101-108
Compression 7 92-117-215
Compresseurs 139
Compteurs à eau. 46
Compteurs secs 48
Conditions de bonne marche d'un gazogène. 197
Conditions de bonne marche d'un moteur 91
Conduite des installations . . . 233
Conduite des gazogènes . . 201-204
Conduites de gaz. 45-195
Consom. de combustible . 145 147-154
Consommation d'eau 156
Consommation de gaz . . 131-144-149
Construction et conception d'un gazogène 197
Cornue 135-159
Corps cylindrique d'un générateur. 159
Coudé 30
Coudé (équilibré) 31
Coudé (graissage). 87
Court-circuit 105
Coussinets 31-110
Couvercles pour tuyaux 195
Culasse 24-117
Cuve de fondations. 65
Cycle Otto ou à 4 temps . . . 7-217
Cylindre. 23-117

D

Décrassage des générateurs. 136-205
Défaut de compression 101
Défauts de fonctionnement des moteurs 101
Défaut de graissage. 113
Dimensions des compteurs à gaz. 46
Densités de différents gaz . . . 126
Détente 8
Détonations intempestives . . . 106
Difficultés de mise en marche . . 101
Disposition du cylindre . . . 23-117
Distribution par soupapes . . . 8
Doseur 185
Doseur Winterthur. 186
Dynamos. 65

E

Eau dans le cylindre 102
Eau de puits 73
Eau de rivière 73
Echappement 8-58-68 114
Echauffement des coussinets . . 109
Echauffement du cylindre et du piston. 111
Effets d'inertie 218
Emplacement d'un moteur . . . 45
Enregistreur d'explosion pour moteur à grande vitesse. 212
Enregistreur d'explosions pour moteurs industriels 225
Entretien des gazogènes 201
Entretien des moteurs. 91
Enveloppe de cylindre. 23
Epuration des gaz 140-192
Epuration chimique . . . 142-194
» physique. 142
Epurateur à sciure de bois . . . 141
Epurateur à mousse ou à fibre. . 141
Epurateur Pintsch 192
Essais d'installations 224
Essais de moteurs à grande vitesse. 211
Etanchéité du cylindre 92
Etanchéité des gazogènes. . 137-199
Etouffoirs 68
Evaporateurs 198
Excès de graissage 113
Exhausteurs 140
Exploitation . . . . . 3 à 5-210
Explosion 8
Explosions intempestives. . . . 106
Explosions prématurées . . 105-120
Explosions retardées 108
Explosions de retour 57

F

Fibre de bois 141
Fonctionnement des vaporisateurs. 184
Fondations. 82
Force indiquée 38
Force effective 38
Force nominale 38
Fuites 104-137-199
Fumées sortant du cylindre. . . 111

G

Garniture réfractaire . . . 135-159
Gaz à l'eau. 127
Gaz au bois 127
Gaz d'éclairage 125
Gaz de haut-fourneau. 126
Gaz de ville 125

Gaz pauvres 117-126-131
Gaz pauvre proprement dit . . . 126
Gaz mixte 127
Gaz « Mond ». 126
Gazogène au bois 146
» à distillation 146
» à la tourbe 144
» au lignite. 144
» Deschamps 150
» Dowson 132
» Faugé et Chavanon . . 151
» Gardie. 82
» par aspiration 153
» par aspiration et moteur (ensemble) 157
» Riché à combustion. 148-168
» Simplex 134
» sous pression 132
Gazomètre 142
Gazomètre laveur 143
Gelée. 46 47-75-79-100-113
Générateurs 136-197
Générateur Bollinckx 163
» Bénier 169
» Benz, ... 163
» Deschamps 150
» Fangé Chavanon . . 151
» Fichet et Heurtey . . 137
» Goebels. 165
» Hille. 187
» Kiderlen 167
» Lencauchez 164
» Otto-Deutz 171
» Phénix 170
» Pierson. 166
» Pintsch. 162
» Riché 168
» Taylor 162
» Wiedenfeld 162
» Winterthur . . 160-161
Goudrons 156-200
Graissage 85-91-111-113
» de la tête de bielle . . 87
» du pivot de piston. . . 21
Graisseurs 85
Graisseurs à pompe. 86
Grilles 165
Grippage 111

H

Hautes compressions 117
Huiles 83-111

I

Impuretés des gaz : 13
Incrustations 73-79-200
Inflammateur 19
Inflammations prématurées . 105-120
Inflammations spontanées . . . 106
Ingénieur-Conseil 221
Injecteur 135
Insufflation d'air. 137
Intervention d'un Ingénieur-Conseil 221
Intoxication par l'oxyde de carbone 123

J

Jeu dans les pièces en mouvement. 110
Joints. 93

L

Lampe à pétrole. 208
Larmier 90
Lavage des gaz 140
Laveurs 188
Laveur Benz 190
» Deutz 189
» Fichet et Heurtey. . . . 191
» Winterthur. 189
Lubrification 83

M

Maçonneries 62
Magnétos 16-109
Magnéto Winterthur 48
Maneton du coude (graissage) . 87-109
Manographe 212
Matières antivibratoires 64
Matières épurantes 201
Matière Laming 194
Mélange constant en qualité et en quantité. 122
Mélange pauvre 108
Mélange tonnant (proportions). 118-122
Mélange variable en qualité et constant en quantité 123
Mélange variable en quantité et constant en qualité 123
Mise à feu d'un gazogène . . . 202
Mise en marche automatique . 41-227
Mise en marche (difficultés). . . 101
Mise en marche d'un gazogène. . 203
Mise en marche d'un moteur. 43-97-101 203
Modes de réglage 33-122

Montage des gazogènes 190
Mortier 62
Moteurs à essences diverses. . . 209
Moteurs à gaz pauvre 116
Moteurs à pétrole 208
Moteurs à simple effet. 39
Moteurs à double effet 40
Moteurs à triple effet 40
Moteurs verticaux 35
Mousse végétale 141-142-193

N

Nettoyage 123
Nettoyage d'un gazogène. . . . 205

O

Oxyde de carbone. — Intoxication. — Soins à donner 128

P

Palier extérieure. 66
Paliers 25-93
Palier-graisseur à bague 89
Palier-graisseur à mèche. . . . 88
Papillon de réglage. 123
Passages à vide 34
Pelle à grille 200
Perturbations dans la marche . . 101
Pétrole lampant 154-207
Piles 15
Piquage du feu 137-156-174
Piston 21
Piston (graissage) 21-86
Poches à gaz 52-55
Pompe à air 208
Pompe à pétrole. 208
Pompe de circulation d'eau. . . 80
Portes de foyers. 17
Portes de scrubber 191
Porte-à-faux 23
Pot d'échappement. 59-68
Pouvoir calorifique du gaz . . . 126
Précautions contre la gelée. 46-47-79-100
Précautions pour la mise en marche d'un moteur 97
Prix comparatifs d'installation et d'exploitation
Machine à vapeur de 20 chevaux . . . 3
Machine à vapeur de 50 chevaux . . . 4
Moteur à gaz de ville de 20 chevaux . . . 4
Moteur à gaz pauvre de 50 chevaux . . . 5
Moteur à pétrole ou à essence . . . 210
Procédé de Pacini 130
Procédé de Sylvester 130
Production de gaz 131
Projections d'huile 90
Puissance d'un moteur 38
Pulvérisateur. 208

Q

Qualités des combustibles . . . 155
Qualités des huiles 83
Quantité de gaz produite. . . . 131

R

Raccordement des réservoirs . . 76
Ratés d'allumage. 104
Réchauffeur 185
Réchauffeur d'air 177-187
Refroidisseurs 188
Refroidissement d'un moteur . 72-118
Réfrigérants 80
Régime de marche 99-206
Réglage 95-122
Réglage par « tout ou rien ». 30-33-122
Régularité 31
Régulateurs 33-93 123-124
Régulateur de pression 54
Rendement mécanique 38
Répartition du combustible. . . 135
Réservoirs 75
Réservoirs à gaz. 194
Réservoirs à pétrole 208
Réservoirs d'air comprimé . . . 43
Résistances à l'aspiration . . . 216
Résistances à l'échappement. 114-216
Ressorts d'enregistreur 218
Robinets d'épreuve 50-96-196
Robinets de purge . 50-59-79-96-103-194-196-201-204
Robinets pour gazogènes. . . . 175
Robinets pour moteurs 131
Robinets-vannes 74
Rodage des soupapes 92
Rouleaux 31
Rupture de tube. 103

S

Sable. 65
Sciures 141-142-168
Scories 136-156-200
Scrubbers 145-188-198
Scrubber Benz 190
» Bollinckx 177
» Fichet et Heurtay . . 191

» Otto Deutz 189
» Winterthur 189
Sécheurs 195
Segments de piston. 22
Soins à donner en cas d'intoxication 129
Soufflage 158-202
Souffleurs 138
Souffleurs Koerting. 138
Soupapes 8-93-119
Soupape à circulation d'eau. . . 11
Soupape d'allumage 14-121
Surchauffeur 185

T

Température d'eau de refroidissement 71-113
Têtes de bielle 87-93
Tiroir pour gazogène 175
Tiroir pour moteur. 9
Thermo-siphon 73
Tournure de fer 193
Tout ou rien 30-33-122
Travail effectif 38
Travail indiqué 38
Travail nominal 38
Travail à outrance 39
Trémie 175
Trépidations 64
Trop-plein 77
Trous de boulons 66
Tubes d'allumage 13-103
Tubes d'eau 182
Tubes de feu 182
Tuyaux d'eau (section). 75
Tuyaux de gaz 51
Tuyauteries 195
Tuyauterie d'échappement . . . 58
Tuyère 135

V

Vaporisateurs 198
Vaporisateurs à cloison 183
Vaporisateurs à pétrole 208
Vaporisateurs à tubes 182
» extérieurs 180
» intérieurs 179
» tubulaires 181
Vaporisateur Benz 182
» Bollinckx 182
» Chavanon 180
» Deutz 179-181
» Koerting. 183
» Pierson 180
» Pintsch 182
» Taylor 181
» Wiedenfeld 184
Vases d'expansion 68
Ventilateurs 138-158-176
Ventilateurs Root 139
Vibrations 66
Volants 26-66

Z

Zône incandescente. 152

SAINT-AMAND (CHER) — IMPRIMERIE BUSSIÈRE

CATALOGUE DE LIVRES

SUR

L'ÉLECTRICITÉ, LA MÉCANIQUE ET LES MACHINES

PUBLIÉS PAR

La Librairie Polytechnique CH. BÉRANGER

Successeur de BAUDRY et Cie

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, A PARIS

21, RUE DE LA RÉGENCE, A LIÈGE

Le catalogue complet est envoyé franco sur demande.

ÉLECTRICITÉ

Électricité industrielle.

Traité pratique d'électricité industrielle. Unités et mesures ; piles et machines électriques ; éclairage électrique ; transmission électrique de l'énergie ; galvanoplastie et électro-métallurgie ; téléphonie, par E. CADIAT et L. DUBOST. 6e édition, 1 volume grand in-8° avec 291 gravures dans le texte, relié. . . . . 16 fr. 50

Manuel pratique de l'électricien.

Manuel pratique de l'électricien. Guide pour le montage et l'entretien des installations électriques. Production de l'électricité. Transformation des courants électriques. Eclairage électrique. Transmission électrique de l'énergie. Sonneries électriques. Signaux. Téléphones. Inflammation des torpilles et des mines. Galvanoplastie, par E. CADIAT. 4e édition, 1 volume in-12 avec 243 figures dans le texte, relié. 7 fr. 50

Manuel pratique d'électricité industrielle.

Manuel pratique d'électricité industrielle. Théorie et applications à l'usage des contremaîtres, monteurs, ouvriers électriciens et mécaniciens s'occupant d'électricité, par CH. GRUET, ingénieur électricien. 1 volume in-18 jésus contenant 250 figures dessinées par l'auteur. Relié. . . . . 5 fr.

Aide-mémoire de poche de l'électricien.

Aide-mémoire de poche de l'électricien. Unités. Machines électriques. Machines à courants continus et à courants alternatifs. Self-induction. Capacités. Transformateurs. Conducteurs d'énergie. Canalisations électriques. Moteurs électriques. Eclairage électrique. Distribution de l'énergie. Traction électrique. Electro-métallurgie. Sonneries. Téléphones. Prescriptions administratives ; guide pratique à l'usage des ingénieurs, monteurs, amateurs électriciens, etc., par PH. PICARD et A. DAVID, ingénieurs des arts et manufactures. 2e édition par A. DAVID. 1 volume, format oblong de 0 m. 125 × 0 m. 08, relié en maroquin, tranches dorées. 6 fr. 50

Traité d'électricité et de magnétisme.

Traité d'électricité et de magnétisme. Système d'unités absolues. Electrostatique. Electrocinétique. Magnétisme. Electromagnétisme. Application de l'Electromagnétisme. Instruments de mesure électrique. Méthodes générales de mesure électrique. Méthodes de mesures spéciales aux lignes électriques. Détermination des unités

électriques. Détermination de l'ohm. Cours professé à l'École supérieure de télégraphie, par A. Vaschy, ingénieur des télégraphes. 2 volumes grand in-8° avec figures dans le texte . . . . 25 fr.

Théorie de l'électricité.

Théorie de l'électricité. Exposé des phénomènes électriques et magnétiques fondé uniquement sur l'expérience et le raisonnement, par A. Vaschy, ingénieur des télégraphes. 1 volume grand in-8° avec 74 figures dans le texte, relié. . . . 20 fr.

Traité pratique d'électricité.

Traité pratique d'électricité à l'usage des ingénieurs et constructeurs. Théorie mécanique du magnétisme et de l'électricité, mesures électriques, piles, accumulateurs et machines électrostatiques, machines dynamo-électriques génératrices, transport, distribution et transformation de l'énergie électrique, utilisation de l'énergie électrique, par Félix Lucas, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 volume grand in-8° avec 278 figures dans le texte. . . . . 15 fr.

Électricité industrielle.

Traité d'électricité industrielle, théorique et pratique, par Marcel Deprez, membre de l'Institut. 2 volumes grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte, paraissant en 4 fascicules. Prix de l'ouvrage complet. . . . . 48 fr.
Chaque fascicule se vend séparément. . . . . 12 fr.

Contrôle des installations électriques.

Contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité. Le courant électrique, production et distribution de l'énergie, mesures, effets dangereux des courants, contrôle à l'usine, contrôle du réseau, des installations intérieures et des installations spéciales, résultats d'exploitation, règlements français et étrangers, par A. Monmerqué, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 2e édition revue et augmentée. 1 volume in-8° avec 227 figures dans le texte, relié. . . . . . 15 fr.

Canalisations électriques.

Les canalisations électriques, 1re partie. Fonctionnement et calcul des canalisations à courant continu, par Teichmüller, directeur de l'Institut Electrotechnique de Karlsruhe, traduit de l'allemand avec autorisation de l'auteur, par P. Bruin, ingénieur électricien. 1 vol. grand in-8° avec 155 figures dans le texte, relié. 15 fr.

Canalisations électriques.

Essais et vérifications des canalisations électriques en fabrication à la pose et en exploitation par G. Charpentier, ingénieur-électricien. 1 volume grand in-8° avec 25[illegible] figures dans le texte, relié. . . . . 15 fr.

Contrôle des réseaux électriques.

Nouvelle méthode générale de contrôle de l'isolement et de recherche des défauts sur les réseaux électriques pendant le service, par P. Charpentier, ingénieur-électricien. 1 brochure in-8° avec figures dans le texte . . . . 2 fr. 50

L'Electricité et ses applications — Piles électriques.

L'électricité et ses applications, 1re partie. Les piles électriques. Principes généraux d'électricité et de magnétisme. Applications domestiques, industrielles et médicales. Notions de mécanique et de physique, par A. Remoiu, professeur de physique et de chimie. 1 volume in-8° contenant 225 figures dans le texte, relié 7 fr. 50

L'Electricité et ses applications — Machines d'induction.

L'électricité et ses applications, 2e partie. Les machines d'induction. Production, [illegible] et utilisation industrielle de l'énergie électrique, par A. Remoiu, [illegible] sciences mathématiques et de sciences physiques. 1 volume in-8° contenant [illegible] figures dans le texte, relié. 10 fr.

L'Electricité dans l'industrie.

[illegible] dans l'industrie. Rapport présenté à l'Association des anciens élèves [illegible] de commerce et d'industrie de Rouen, par Raoul Lemoine. [illegible] avec gravures dans le texte. . . . . 6 fr.

L'Année électrique

[illegible] radiographique. Revue annuelle des [illegible] chauffage électrique, télégraphie.

téléphonie, télégraphie et téléphonie sans fil, traction électrique. L'électricité à la guerre, etc., électrothérapie, radiographie, par Foveau de Courmelles, médecin-électricien. 1 volume in-18. Chaque année. . . . . 3 fr. 50

Cette publication a commencé à paraître en 1900.

L'Année électrique.

L'année électrique, ou exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions et des principales applications de l'électricité à l'industrie et aux arts, par Ph. Delahaye. 8 volumes in-12 (1885 à 1892). Prix de chaque volume. . . . . 3 fr. 50

Électrolyse.

Electrolyse ; renseignements pratiques sur le nickelage, le cuivrage, la dorure, l'argenture, l'affinage des métaux et le traitement des minerais au moyen de l'électricité, par Hippolyte Fontaine, 2e édition, 1 volume grand in-8° avec gravures dans le texte, relié . . . . . 15 fr.

Électrolyse.

Etude sur le raffinage électrolytique du cuivre noir, par Hugon. 1 brochure grand in-8° . . . . . 1 fr. 50

Électro-chimie.

Traité théorique et pratique d'électro-chimie. Constantes chimiques, mécaniques et électriques. Systèmes électrolytiques. Lois générales de l'électrolyse. Théorie de l'électrolyse. Traitement électrolytique des composés chimiques. Electrolyse appliquée à la chimie organique. Réaction chimique de l'étincelle et de l'effluve électriques, par Adolphe Minet, directeur du journal *l'Electro-Chimie*. 1 volume grand in-8° contenant 206 figures dans le texte, relié. . . . . 18 fr.

Électro-Métallurgie.

Traité théorique et pratique d'électro-métallurgie. Galvanoplastie, analyses électrolytiques, électro-métallurgie par voie humide, méthodes électrolytiques, calcul des conducteurs, chauffage électrique, l'arc voltaïque et charbons électriques, travail électrique des métaux, les fours électriques, électro-métallurgie par voie sèche, méthodes électrolytiques et électro-thermiques, électro-thermie, par Adolphe Minet, directeur du journal *l'Electro-chimie*. 1 volume grand in-8° contenant 205 figures dans le texte, relié . . . . . 20 fr.

Dictionnaire électrotechnique.

Dictionnaire électrotechnique Français-Allemand-Anglais, par Paul Blasche, 3 volumes in-8° . . . . . 22 fr. 50

On vend séparément :

Français-Allemand-Anglais, 1 volume. . . . . 7 fr. 50
Allemand-Anglais-Français, 1 volume. . . . . 7 fr. 50
Anglais-Allemand-Français, 1 volume . . . . . 7 fr. 50

Rhéostats.

Rhéostats de démarrage et de réglage pour moteurs et générateurs électriques. Théorie. Construction. Montage, par Rudolf Krause, ingénieur, traduit de l'allemand par P. Binard, ingénieur-électricien. 1 volume in-8°, avec 97 figures dans le texte. Relié . . . . . 6 fr.

Essai des machines électriques.

Pratique des essais des machines électriques à courant continu et alternatif. Plancher d'essais. Essais de laboratoire. Essais des machines dynamo à courant continu. Moteurs à courant continu. Essais des moteurs de tramways. Mesure et transformation de la puissance. Alternateurs. Moteurs synchrones. Commutatrices. Moteurs d'induction. Transformateurs, par E. Ducrosse, ingénieur à la Société *Maison Beer*, Jemmeppe-sur-Meuse, et U. Rouvière, ingénieur à la Société Electricité-Hydraulique, Jeumont (Nord). 1 volume in-8° contenant 233 figures dans le texte, relié . . . . . 15 fr.

Moteurs pour dynamo.

Moteurs pour dynamo. Moteurs à vapeur. Moteurs hydrauliques. Moteurs à gaz et à pétrole par Ch. Greet, ingénieur électricien. 1 volume in-12 avec 167 figures dans le texte, relié. . . . . 7 fr. 50

Machines dynamo.

Les machines dynamo-électriques à courant continu et à courants alternatifs, par Gisbert Kapp, traduit de l'allemand par P. Lataen, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-8° avec 200 figures dans le texte, relié. . . . . 16 fr.

Machines dynamo-électriques. — Enroulements.

Des enroulements et de la construction des induits des machines dynamo-électriques à courants continus. Enroulements fermés, en anneau, en tambour, ouverts. Exécution des enroulements, construction des induits, par E. Arnold, professeur et directeur de l'Institut électro-technique de Carlsruhe. Traduit de l'allemand par Boy de la Tour, ingénieur. 1 volume in-8° avec 418 figures dans le texte et 12 planches, relié. . . . . 20 fr.

Machines dynamo-électriques.

Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques, par R.-V. Picou, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8° avec 198 figures dans le texte. . . . . 12 fr. 50

Machines dynamo-électriques.

Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques. Éléments. Principes. Théorie. Induits. Enroulement des induits. Dynamo à courant continu. Dynamos diverses. Alternateurs. Moteurs asynchrones. Transformateurs. Moteurs dynamos. Transmission de l'énergie. Régulateurs. Épreuves de machines. Conduite des dynamos, par Silvanus P. Thompson, traduit par E. Boistel. 2e édition, 1 volume grand in-8° avec figures dans le texte, relié. . . . . 30 fr.

Machines dynamo-électriques.

La machine dynamo-électrique, exposé théorique, calculs, applications pratiques, par Frölich, traduit de l'allemand par E. Boistel. 1 volume grand in-8° avec 62 figures dans le texte . . . . 10 fr.

Moteurs asynchrones polyphasés.

Méthode pratique pour calculer les moteurs asynchrones polyphasés. Champ tournant, forces électromotrices induites par le champ tournant, couple électromagnétique, actions magnétisantes des enroulements, résistance des bagues du court circuit, des induits en cage d'écureuil, diagramme de fonctionnement des moteurs polyphasés. Applications pratiques, par Boy de la Tour, ingénieur. 1 volume in-8° contenant 78 figures dans le texte. . . . . 12 fr. 50

Constructions électro-mécaniques.

Constructions électro-mécaniques ; recueil d'exemples de construction et de calculs de machines dynamos et appareils électriques industriels, par Gisbert Kapp, traduit de l'allemand par A.-O. Dubsky et P. Girault, ingénieurs-électriciens. 1 volume in-4° avec 54 figures dans le texte et 25 planches, relié. . . . . 20 fr.

Éclairage électrique.

Traité pratique des installations d'éclairage électrique, adaptation française de l'ouvrage de MM. Herzog et Feldmann (*Handbuch der Elektrischen Beleuchtung*) par H. Boy de la Tour, ingénieur, chef du service électrique de la compagnie de Fives-Lille. 1 volume grand in-8° avec 413 figures dans le texte et 5 planches hors texte. Relié. . . . . 25 fr.

Éclairage électrique.

Installations d'éclairage électrique. Manuel pratique. Unités, mesures, compteurs industriels, machines dynamos, accumulateurs, transformateurs, lampes électriques, canalisation, conducteurs aériens, conducteurs souterrains. Appareils auxiliaires, systèmes de distribution, coût des installations. Lois et règlements, par E. Piazzoli, ingénieur civil. Traduit de l'italien par G. Cerutti et E. A. della Santa, ingénieurs. 1 volume in-8° contenant 253 figures dans le texte et 90 tableaux, relié. . . . . 16 fr.

Éclairage électrique.

Éclairage à l'électricité. Renseignements pratiques, par Hippolyte Fontaine. — *Épuisé. Une nouvelle édition est en préparation.*

Éclairage électrique.

Éclairage électrique de l'Exposition universelle de 1889. Monographie des travaux exécutés par le syndicat international des électriciens, par Hippolyte Fontaine. 1 volume in-4° avec 29 planches tirées à part et 32 gravures dans le texte relié . . . . 25 fr.

Éclairage électrique.

Manuel pratique d'éclairage électrique pour installations particulières, maison

d'habitation, usines, salles de réunion, etc., par Emile Garen, ingénieur des ateliers de construction des manufactures de l'Etat.

Epuisé. Une nouvelle édition est en préparation.

Éclairage électrique.

Etude pratique sur l'éclairage électrique des gares de chemins de fer, ports, usines, chantiers et établissements industriels, par Georges Dumont, avec la collaboration de Gustave Baignières. 1 volume grand in-8° avec 2 planches. . . 5 fr.

Éclairage à Paris.

L'éclairage à Paris. Étude technique des divers modes d'éclairage employés à Paris sur la voie publique, dans les promenades et jardins, dans les monuments, les gares, les théâtres, les grands magasins, etc., et dans les maisons particulières. — Gaz, électricité, pétrole, huile, etc. ; usines et stations centrales, canalisations et appareils d'éclairage ; organisation administrative et commerciale, rapports des compagnies avec la ville ; traités et conventions, calcul de l'éclairement des voies publiques ; prix de revient, par Henri Maréchal, ingénieur des ponts et chaussées. 1 volume grand in 8° avec 221 figures dans le texte, relié. . . . . 20 fr.

Éclairage des voitures de Chemins de fer.

Eclairage des voitures de chemins de fer. Huile, pétrole, gaz de houille, gaz d'huile, acétylène, gaz mixte. Electricité, par J. Carlier, ingénieur des mines. 1 volume in-8° contenant 100 figures intercalées dans le texte. . . . . 6 fr.

Électricité.

Manuel élémentaire d'électricité, par Fleeming Jenkin, professeur à l'Université d'Edimbourg ; traduit de l'anglais par N. de Tédesco. 1 volume in-12 avec 32 gravures. . . . . 2 fr.

Courants polyphasés.

Courants polyphasés et alterno-moteurs. Théorie, construction, mode de fonctionnement et qualités des générateurs et des moteurs à courants alternatifs et polyphasés, transformateurs polyphasés et mesure de la puissance dans les systèmes polyphasés, par Sylvanus P. Thompson, directeur du collège technique de Finsbury, à Londres, traduction par E. Boistel, ingénieur-expert près le tribunal de la Seine, 2e édition, 1 volume in-8° contenant 300 figures dans le texte et 12 planches hors texte et en couleurs, relié. . . . . 25 fr.

Courants alternatifs.

Eléments du calcul et de la mesure des courants alternatifs, par Omer de Bast, ingénieur. Professeur à L'Ecole industrielle de Liège. 1 volume in-8° contenant 75 figures dans le texte, relié . . . . . 7 fr. 50

Courants alternatifs d'électricité.

Les courants alternatifs d'électricité, par T. H. Blakesley, professeur au Royal Naval Collège de Greenwich, traduit de la 3e édition anglaise et augmenté d'un appendice, par W. C. Rechniewski. 1 volume in-12, avec figures dans le texte, relié. 7 fr. 50

Transformateurs.

Les transformateurs à courants alternatifs simples et polyphasés. Théorie, construction, applications, par Gisbert Kapp, traduit de l'allemand par A. O. Dubkv et G. Chenet, ingénieurs-électriciens. 1 volume in-8°, avec 132 figures dans le texte, relié. . . . . 12 fr.

Courant électrique différentiel.

Le courant électrique différentiel, par Emile Mangon. 1 brochure in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 2 fr. 50

Problèmes sur l'électricité.

Problèmes sur l'électricité. Recueil gradué comprenant toutes les parties de la science, par le Dr Robert Weber, professeur à l'Académie de Neuchâtel, 3e édition. 1 volume in-12, avec figures dans le texte. . . . . 6 fr.

Problèmes d'électricité.

Recueil de problèmes d'électricité, par A. Raudot, ingénieur. 1 volume gr. in-8°, contenant de nombreuses figures dans le texte, relié . . . . . 8 fr.

Installations électriques. Mesures de précaution.

Installations électriques d'éclairage et de transport d'énergie. Commentaires sur les mesures de précaution prescrites par l'Union des Compagnies allemandes d'As-

surance contre l'incendie, par le Dr Oscar May, traduit de l'allemand sous la direction de Pm. Delahaye. 1 brochure gr. in-8o, avec 13 figures dans le texte. 1 fr. 50

Traction électrique.

La traction électrique sur voies ferrées. Types de voie. Exécution des voies. Adaptation des moteurs électriques à la traction sur les voies ferrées. Moteurs de traction. Voitures automobiles. Locomotives électriques. Matériel applicable à des cas spéciaux, services à grande vitesse, monorails, lignes à fortes rampes. Fonctionnement des moteurs de traction à courant continu et à courants alternatifs. Régulation de la vitesse des voitures. Conduite, entretien et essais des moteurs et du matériel roulant. Résistance et traction du matériel roulant électrique. Puissance et énergie électrique consommées sur les voitures et à la station génératrice. Projet de traction. Freinage des voitures électriques. Dépenses d'établissement et d'exploitation des lignes électriques. Conditions de sécurité, réglementation et contrôle technique, par André Blondel et F.-Paul Dubois, ingénieurs des ponts et chaussées. 2 volumes grand in-8o, contenant plus de 1700 pages et 1014 figures dans le texte. Reliés . . . . . 50 fr.

Production et distribution de l'énergie électrique.

Production et distribution de l'énergie électrique. Puissance et organisation des stations centrales, chaudières, machines à vapeur. Stations centrales au gaz pauvre. Stations centrales hydrauliques. Machines électriques employées pour la traction. Machines à courant continu. Emploi des accumulateurs dans les stations centrales. Sous-stations de transformation. Moyens d'éviter ou de remédier aux accidents de personnes, dépenses d'établissement des stations centrales. Feeders. Lignes aériennes. Trolleys. Montage des lignes aériennes. Parafoudres, appareils accessoires des lignes aériennes. 3e rail. Caniveaux. Contacts superficiels. Retour du courant, par H. Martin, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8o, avec 870 figures dans le texte. Relié . . . . . 25 fr.

Distribution d'énergie électrique.

Les distributions d'énergie électrique dans les petites localités, par Richard Berger, ingénieur mécanicien, ingénieur électricien. 1 brochure grand in-8o avec figures dans le texte . . . . . 2 fr. 50

Transport et distribution de l'énergie.

Transport et distribution de l'énergie par courants continus et alternatifs, description du matériel, calcul des lignes aériennes, par Ch. Gruet, ingénieur électricien. 1 volume in-8o contenant 48 figures dans le texte. Relié. . . . . 4 fr.

Tramways électriques.

Les tramways électriques. Dispositions générales, voie, tramways à conducteurs aériens, souterrains, à contacts superficiels; tramways à accumulateurs, matériel roulant, dépôt, ateliers, production et transformation de l'énergie, exploitation, dépenses, concessions, réglementation, par H. Maréchal, ingénieur des ponts et chaussées, 2e édition. 1 volume in-8o, avec 188 figures dans le texte . . . 10 fr.

Chemins de fer électriques.

Les chemins de fer électriques. Dispositions générales. Production de l'électricité. Voie. Distribution de l'électricité. Alimentation des lignes. Moteurs. Traction. Automotrices. Locomotives. Chemins de fer divers. Exploitation et dépenses, par Henri Maréchal, ingénieur des ponts et chaussées. 1 volume grand in-8o avec 516 figures dans le texte. Relié . . . . . 25 fr.

Chemin de fer électrique.

Chemin de fer électrique des boulevards, à Paris, par Chrétien. 1 brochure in-4o, avec gravures . . . . . 2 fr.

Accumulateur au plomb.

La théorie de l'accumulateur au plomb, par le Dr Fr. Dolezalek, traduit de l'allemand par Ch. Liagre. 1 volume in-8o, avec 40 figures dans le texte . . . 8 fr.

Accumulateur voltaïque.

Traité élémentaire de l'accumulateur voltaïque, par Emile Reynier. 1 volume grand in-8o, avec 62 figures dans le texte et un portrait de M. G. Planté. . 6 fr.

...rulation des galvanomètres.

... aux procédés de égulation des galvanomètres (boussoles des tangentes)

Nouvelles méthodes de détermination des forces électromotrices et des résistances des piles. Applications importantes à quelques parties des méthodes générales d'expérimentation, par L. DE GÉRANDO, ingénieur de la marine. 1 brochure grand in-8°, 1 fr.

Téléphone.

Le téléphone. Théorie. Induction. Transmetteurs à charbons. Téléphones spéciaux. Lignes téléphoniques. Appareils auxiliaires. Stations terminales. Stations intermédiaires. Bureaux centraux français et étrangers. Tableaux commutateurs. Stations téléphoniques publiques. Téléphones multiplex. Application du téléphone au service de la télégraphie. Télégraphie militaire. Applications diverses, par WILLIAM HENRI PREECE, électricien en chef du *British Post-Office*, et JULIUS MAIER, docteur ès sciences physiques. 1 volume grand in-8°, avec 290 gravures dans le texte. 15 fr.

Télégraphie électrique.

Traité de télégraphie électrique. Production du courant électrique. Organes de réception. Premiers appareils. Appareil Morse. Appareils accessoires. Installation des postes. Propriétés électriques des lignes. Lois de la propagation du courant. Essais électriques, recherches des dérangements. Appareils de translation, de décharge et de compensation. Description des principaux appareils et des différents systèmes de transmission. Etablissement des lignes aériennes, souterraines et sous-marines, par H. THOMAS, ingénieur des télégraphes. 1 volume grand in-8°, avec 702 figures dans le texte, relié. . . . . 25 fr.

Télégraphie sous-marine.

Traité de télégraphie sous-marine. Historique. Composition et fabrication des câbles télégraphiques. Immersion et réparation des câbles sous-marins. Essais électriques. Recherche des défauts. Transmission des signaux. Exploitation des lignes sous-marines, par WUNSCHENDORFF, ingénieur des télégraphes, 1 volume grand in-8° avec 469 gravures dans le texte . . . . . 40 fr.

Tirage des mines par l'électricité.

Le tirage des mines par l'électricité, par PAUL-F. CHALON, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-18 jésus, avec 90 figures dans le texte. Prix relié. 7 fr. 50

Electricité médicale.

Traité théorique et pratique d'électricité médicale. Précis d'électricité. Appareils et instruments électro-médicaux. Applications thérapeutiques, par FÉLIX LUCAS et ANDRÉ LUCAS. 1 volume in-18 jésus, avec 120 figures dans le texte, relié. . 10 fr.

MÉCANIQUE ET MACHINES

Portefeuille des machines.

Portefeuille économique des machines, de l'outillage et du matériel, relatifs à la construction, à l'industrie, aux chemins de fer, aux routes, aux mines, à la navigation, à l'électricité, etc. ; contenant un choix des objets les plus intéressants des expositions industrielles ; fondé par OPPERMANN. 12 livraisons par an formant un beau volume de 50 à 60 planches et 200 colonnes de texte. Abonnements : Paris, 15 fr. — Départements et Belgique, 18 fr. — Union postale. . . . . 20 fr.
Prix de l'année parue, reliée. . . . . 20 fr.

Agenda Oppermann.

Agenda Oppermann, paraissant chaque année. Elégant carnet de poche contenant tous les chiffres et tous les renseignements techniques d'un usage journalier. Rapporteur d'angles, coupe géologique du globe terrestre, guide du métreur. — Résumé de géodésie. — Poids et mesures, monnaies françaises et étrangères. — Renseignements mathématiques et géométriques. — Renseignements physiques et chimiques. — Résistance des matériaux. — Electricité. — Réglements administratifs. — Dimensions du commerce. — Prix courants et série de prix. — Tarifs des Postes et Télégraphes.
Relié en toile, 3 fr. ; en cuir, 5 fr. — Pour l'envoi par la poste, 0 fr. 25 en plus.

Aide-mémoire de l'ingénieur.

Aide-mémoire de l'ingénieur. Mathématiques, mécanique, physique et chimie, résistance des matériaux, statique des constructions, éléments des machines, machines motrices, constructions navales, chemins de fer, machines-outils, machines élévatoires, technologie, métallurgie du fer, constructions civiles, législation indus-

trielle. Nouvelle édition française du Manuel de la Société « Hütte », par Partiers Hudelson. 1 beau volume contenant plus de 1200 pages avec 500 figures dans le texte, solidement relié en maroquin . . . . . 15 fr.

Mécanique générale.

Mécanique générale. Systèmes des lignes. Centres de gravité. Moments d'inertie. Etude générale des mouvements d'un point. Détermination du mouvement d'un point. Systèmes invariables à l'état de mouvement. Mouvements simultanés et relatifs. Lois générales du mouvement des systèmes. Lois physiques du mouvement. Théorèmes généraux de la mécanique. Forces vives. Travail. Equilibre. Machines simples. Mécanismes. Cours professé à l'Ecole centrale des arts et manufactures, par A. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 volume grand in-8°, avec 203 figures dans le texte . . . . . 20 fr.

Mécanique élémentaire.

Cours de mécanique élémentaire à l'usage des écoles industrielles, comprenant : Notions préliminaires ; cinématique ; statique ; résistance des mouvements ; forces centrales ; dynamique ; moments d'inertie ; résistance des matériaux ; générateurs à vapeur ; moteurs hydrauliques, par Ph. Moulan, ingénieur. 1 fort volume in-8° de 1124 pages, contenant 1067 figures dans le texte. Relié . . . . . 18 fr.

Mécanique appliquée.

Cours élémentaire de mécanique appliquée, à l'usage des écoles primaires supérieures, des écoles professionnelles, des écoles d'apprentissage, des écoles industrielles, des cours techniques et des ouvriers, par Bocquet, ingénieur, 4e édition. 1 volume in-12, avec 69 figures dans le texte. Relié . . . . . 5 fr.

Mécanique analytique.

Cours de mécanique analytique. Dynamique. Statique et cinématique, par E. Roxkar, ingénieur honoraire des mines. 2 volumes in-4° autographiés, contenant de nombreuses figures dans le texte. . . . . 25 fr.

Nomographie.

Contribution à la théorie et aux applications de la nomographie, par R. Soreau, ingénieur. 1 volume in-8°, contenant 51 figures et 80 abaques dans le texte. 5 fr.

Traceur mécanicien.

Guide du traceur mécanicien, comprenant les notions élémentaires de géométrie, la description et l'usage des principaux outils et instruments de traçage, de mesure et de vérification, l'indication de nouvelles méthodes pour le traçage rapide et exact des pièces et organes de machines (chaudronnerie, forge, fonderie et ajustage), à l'usage des ouvriers, contremaîtres, chefs d'ateliers, traceurs, dessinateurs et de toutes les personnes s'occupant du façonnage des métaux, par Philippe Fay. 3e édition. 1 volume in-8°, avec 22 planches et 202 figures . . . . . 7 fr. 50

Eléments de machines.

Les éléments de machines, leur calcul et leur construction, élasticité et résistance des matériaux, procédés d'assemblage des parties de machines, éléments de machines pour la transmission du mouvement de rotation d'un arbre à un autre, autres éléments de machines pour le mouvement de rotation, éléments de machines pour le mouvement rectiligne, éléments de machines pour la transformation du mouvement rectiligne en mouvement de rotation et réciproquement, éléments des machines destinées à recevoir et à transporter les fluides, par C. Bach, professeur à l'École royale technique de Stuttgart, traduit de l'allemand, par Desmarest. 1 volume grand in-8° jésus, contenant près de 600 figures et 3 planches, et 1 album de 54 planches doubles, relié. . . . . 40 fr.

Dictionnaire technologique.

Dictionnaire technologique français-allemand-anglais, contenant les termes techniques employés dans les arts et métiers, l'architecture, les ponts et chaussées et les chemins de fer, la mécanique, la métallurgie, etc., etc., par Rousso. 3 volumes grand in-8° . . . . . 45 fr.

On vend séparément :

Tome Ier : allemand-anglais-français. . . . . 15 fr.
Tome II : anglais-allemand-français. . . . . 15 fr
Tome III : français-allemand-anglais . . . . . 15 fr.

Travail manuel.

Notions sur les machines et travail manuel du fer et du bois, à l'usage des Ecoles primaires supérieures, des Ecoles d'apprentissage, des Ecoles profession-

nelles, des Ecoles industrielles et des candidats aux Ecoles d'arts et métiers et à l'Ecole des apprentis-mécaniciens de la marine à Brest, par HENRI LYONNET, professeur à l'Ecole supérieure municipale J.-B. Say. 1 volume in-12 avec 90 figures dans le texte . . . . . 2 fr.

Aérodynamique.

Aérodynamique ou mécanique des gaz, par PIARRON DE MONDÉSIR, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 brochure grand in-8° . . . . . 2 fr. 50

Physique.

Physique. Propriétés générales des corps. Chaleur. Optique. Acoustique Magnétisme. Électricité. Météorologie, par GARIEL, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur de physique à la Faculté de médecine et à l'Ecole nationale des ponts et chaussées, 2 volumes grand in-8°, avec de nombreuses gravures dans le texte . . . . . 20 fr.

Études des combustibles.

Etudes des combustibles solides, liquides et gazeux : mesure de leur pouvoir calorifique, par R. MARLER, ingénieur civil des mines. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 5 fr.

Essais des combustibles.

Analyse chimique et essais des combustibles par L. CAMPREDON, chimiste métallurgiste, 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr.

Chauffage industriel.

Le chauffage industriel et les fours à gaz. Utilisation de la chaleur et récupération, par EMILIO DAMOUR, ingénieur civil des mines, 1 volume in-8°, avec 27 figures dans le texte, relié . . . . . 7 fr. 50

Théorie mécanique de la chaleur et de l'électricité.

Théorie mécanique de la chaleur et de l'électricité, par CLAUSIUS. 2e édition refondue et complétée, traduite sur la 3e édition de l'original allemand, par F. FOLIE et E. RONKAR, chargés de cours à l'Université de Liège, 2 volumes in-8, avec figures dans le texte. Relié . . . . . 20 fr.

Chaleur.

Traité élémentaire de la chaleur au point de vue de son emploi comme force motrice. Machines à air chaud, à gaz, à air comprimé et machines à vapeur par DEVILLEZ, 2 volumes in-8°, avec planches . . . . . 15 fr.

Air comprimé.

Traité élémentaire de l'air comprimé, par JOSEPH COSTA, ingénieur civil, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte.
Epuisé. Une nouvelle édition est en préparation.

Chaudronnerie en cuivre et en fer.

Traité de la Chaudronnerie industrielle en cuivre et en fer. Outillage, tracé et coupes, construction des appareils industriels. Leçons professées au Cours de chaudronnerie fondé à l'Association philotechnique, par E. BAENDER, ingénieur civil. 1 volume grand in-8° contenant 370 figures dans le texte et 38 tableaux 10 fr.

Chaudronnerie.

Cours pratique de chaudronnerie. 1re partie : Chaudronnerie en fer, par A. MONTUPET. 4e édition, revue et augmentée, 1 volume in-8° avec 44 planches et tableaux . . . . . 7 fr. 50

Installation de chaudières à vapeur.

Installations modernes de chaudières à vapeur, leurs dispositions et leur emploi. Chaudières à grand volume d'eau, chaudières multitubulaires, chaudières sans maçonnerie, règlements relatifs à l'autorisation, à l'épreuve et à l'inspection des chaudières à vapeur. Manuel et formulaire à l'usage des industriels, des étudiants et des ingénieurs, par E. REINERT, ingénieur à la Société badoise, traduit par L. DESMAREST, ingénieur civil, 1 volume grand in-8° contenant 150 figures dans le texte. Relié. . . . . 12 fr. 50

Traité des chaudières à vapeur.

Traité des chaudières à vapeur. Etude sur la vaporisation dans les appareils industriels. Ebullition à l'air libre. Ebullition en vase clos. Soulèvements et

entraînements d'eau. Transmission de la chaleur. Puissance de vaporisation des surfaces de chauffe. Températures des surfaces de chauffe. Absorption de la chaleur par l'eau. Circulation de l'eau. Appareils produisant la circulation de l'eau. Généralités et classification des chaudières. Chaudières à foyer intérieur. Chaudières à foyer extérieur. Chaudières multitubulaires et leur fonctionnement. Chaudières multitubulaires de torpilleurs. Chaudières à émulsion de vapeur. Accidents et explosions. Effets dynamiques des explosions. Combustion, par CHARLES BELLENS, ingénieur. 1 volume grand in-8° avec 215 figures dans le texte, relié. . . . . 20 fr.

Chaudières à vapeur.

Traité pratique des chaudières à vapeur employées dans les manufactures par DENFER, chef de travaux graphiques à l'École centrale des arts et manufactures. 1 volume grand in-4°, accompagné de 81 planches cotées et en couleurs . . . . . 50 fr.

Chaudières marines.

Traité pratique des chaudières marines ; description, entretien, conduite. Principaux types de chaudières. Chaudières de torpilleurs. Chauffage mixte. Éjecteurs, conduite des feux et des chaudières. Alimentation pendant la marche. Extractions. Extinction des feux. Chaudières Belleville, Dutemple, Petit et Godard. Procédé Dubourdin, à l'usage des mécaniciens de la marine militaire, de la marine de commerce et de l'industrie, par J. B. GIRARD, mécanicien-inspecteur de la marine, 1 volume in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte et 20 planches, relié. . 12 fr. 50

Chaudières à vapeur.

Contribution à l'étude du fonctionnement des chaudières à vapeur. Épuration de l'eau d'alimentation, incrustation, entraînement de l'eau par la vapeur, par JEAN DE MOLLINS, 1 brochure grand in-8° . . . . . 1 fr.

Défauts des chaudières.

Défauts des chaudières de locomotives et des locomobiles. Caractères des défauts, leurs causes, conséquences à craindre, mesures préventives et remèdes à employer. — Travail publié par l'association des ingénieurs et architectes autrichiens, M. l'ingénieur en chef WEBERNFENNIG rapporteur ; traduit de l'allemand par EDM. FRANCKEN, ingénieur honoraire des mines, et CARL VON HABN, docteur en droit, 1 volume in-4° avec de nombreuses figures dans le texte . . . . . 5 fr.

Épreuves des chaudières à vapeur.

Note sur les épreuves des chaudières à vapeur, suivie de la loi du 21 juillet 1856, concernant les contraventions aux règlements sur les appareils et bateaux à vapeur et la loi du 18 juillet 1892 fixant les nouvelles taxes d'épreuves des appareils à vapeur et leur mode de perception, par H. MATHIEU, contrôleur des mines. 1 brochure grand in-8° . . . . . 1 fr. 50

Explosions de chaudières à vapeur.

Les explosions de chaudières à vapeur. Leurs causes et leurs effets, et examen critique des moyens préventifs, par HERVIER, ingénieur civil des mines. 1 volume grand in-8° . . . . . 6 fr.

Les chauffeurs-mécaniciens et les explosions de chaudières à vapeur, par le même auteur. 1 volume grand in-8° . . . . . 1 fr.

Manuel du chauffeur.

Guide manuel du chauffeur, par GOUJER, constructeur-mécanicien, 1 volume grand in-8° . . . . . 3 fr. 50

Manuel du chauffeur-mécanicien.

Manuel du chauffeur-mécanicien et du propriétaire d'appareils à vapeur, par HENRI MATHIEU contrôleur des mines, 2e édition. 1 volume grand in-8°, avec 720 figures dans le texte. Relié. . . . . 25 fr.

L'A B C du chauffeur.

L'A B C du chauffeur, par HENRI MATHIEU, contrôleur des mines, avec introduction C. WALCKENAER, ingénieur des mines. 1 vol. format $0^m,13 \times 0^m,10$, avec 66 figures dans le texte, relié. . . . . 3 fr.

Catéchisme des chauffeurs.

Catéchisme des chauffeurs et des conducteurs de machines, rédigé sous le

auspices de l'Association des ingénieurs sortis de l'école de Liège, par Bien, Devaux, Dechamps et Stévart. 5e édition, revue et augmentée. 1 volume in-8°, cartonné . . . . . 1 fr. 50

Machines marines.

Traité pratique des machines marines motrices, des machines auxiliaires, des machines à pétrole et à gaz. Description, montage, régulation, conduite, réparations. Rédigé conformément aux programmes. A l'usage des mécaniciens de la marine militaire et à ceux de la marine du commerce. Avec les planches des nouveaux types de machines motrices et auxiliaires et des machines à pétrole et à gaz, par J.-B. Girard, mécanicien-inspecteur de la marine. 2 volumes in-8° contenant plus de 800 figures dans le texte et 33 planches hors texte. Reliés . . 30 fr.

Construction des machines à vapeur.

Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines. Résumé des connaissances actuellement acquises sur les machines à vapeur, considérations relatives au type de machine et aux proportions à adopter, détermination des dimensions et des proportions des principaux organes, étude et construction de ces organes, par Maurice Demoulin, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8°, avec 483 figures dans le texte. Relié . . . . . 20 fr.

La Machine à vapeur.

La machine à vapeur. Traité général contenant la théorie du travail de la vapeur, l'examen des mécanismes de distribution et de régularisation, la description des principaux types d'appareils, l'étude de la condensation et de la production de la vapeur, par Edouard Sauvage, professeur à l'Ecole nationale supérieure des mines. 2 volumes grand in-8° jésus, avec 1 036 figures dans le texte. Relié. . . . . 60 fr.

Traité de la machine à vapeur.

Traité de la machine à vapeur. Description des principaux types et théorie, étude, construction, conduite et applications, par Robert H. Thurston, directeur du « Sibley College » Cornell University, traduit de l'anglais et annoté par Maurice Demoulin. 2 volumes grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte. Relié. . . . . 60 fr.

Essais de machines et chaudières à vapeur.

Manuel pratique des essais de machines et chaudières à vapeur, par Robert H. Thurston, directeur du « Sibley College » Cornell University, traduit de l'anglais par Auguste Rousselle, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte. Relié . . . . . 25 fr.

Essai des moteurs (Guide pour l').

Guide pour l'essai des moteurs. Ouvrage contenant tout ce qui a rapport aux indicateurs, l'analyse des diagrammes, le travail indiqué, les freins de Prony ordinaires et automatiques, les dynamomètres de transmission, les essais de vaporisation, les proportions des générateurs et cheminées, etc., par J. Buchetti, ingénieur E. C. Paris. 3e édition, 1 vol. in-8°, avec 178 figures dont 28 pl. relié . . . . . 15 fr.

Les machines à vapeur actuelles.

Les machines à vapeur actuelles, par J. Buchetti, ingénieur E. C. Paris.

1re *partie :* Calculs des machines, texte in-4° avec 127 figures et 2 pl. } 40 fr.
2e *partie :* Distributions, texte in-4° et atlas de 18 planches . . . . . }
3e *partie :* Construction, texte in-4° avec 181 figures et atlas de 30 pl. 50 fr.
Les 3 parties prises ensemble . . . . . 75 fr.

Supplément à l'ouvrage ci-dessus : Machines simples, compound, à triple expansion, à vitesse normale, à grande vitesse, 1 vol. in-4° et 1 atlas in-folio de 20 planches. . . . . 30 fr.

Machines à vapeur.

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par J. Buchetti, ingénieur E. C. Paris. 1 vol. in-4° avec 53 figures dans le texte et 1 atlas in-folio de 40 planches. . . . . 50 fr.

Machines à vapeur.

Traité théorique et pratique des machines à vapeur au point de vue de la distribution. — Méthode générale des gabarits, permettant d'établir des épures

approchées ou exactes de tous les types de machines. — Etude méthodique des principales distributions au double point de vue de leur fonctionnement et de leur construction, par COSTE et MANIQUET. 2e édition. 1 volume grand in-8° contenant 54 figures intercalées dans le texte et 1 atlas grand in-4° de 46 planches de dessins exactement réduits à l'échelle et cotés . . . . . 25 fr.

Machines à vapeur.

Etude sur les machines à vapeur. Moteurs à vapeur pour les petites industries et moteurs à vapeur de grandes dimensions, à l'exposition des arts et métiers de Vienne (Autriche), 1888, par A. GOUVY FILS, ingénieur des arts et manufactures. 1 brochure grand in-8°, avec 3 grandes planches et 16 figures dans le texte. . . . . 4 fr.

Indicateur des machines.

L'indicateur du travail et du fonctionnement des machines à piston, à vapeur, à eau, à gaz, etc., et son diagramme, par VON PICHLER, traduit par R. SEGUELA, ancien élève de l'École polytechnique. 1 volume in-8° avec 46 figures dans le texte. . . . . 5 fr.

Enveloppes de vapeur.

Recherches expérimentales sur l'emploi des enveloppes de vapeur et du fonctionnement compound dans les locomotives effectuées sur les chemins de fer sud-ouest russes, par A. BORODINE, ingénieur en chef du matériel et de la traction. 1 volume grand in-8°, avec 3 grandes planches. . . . . 6 fr.

Transport de la vapeur.

Le transport de la vapeur à grandes distances et sa canalisation. Renseignements théoriques et pratiques, condensation dans les tuyaux, enveloppes calorifuges, établissement des conduites, prix de revient des tuyaux, par CHRÉTIEN. 1 brochure grand in-8° avec figures dans le texte. . . . . 2 fr.

Locomotives.

Traité pratique de la machine locomotive comprenant les principes généraux relatifs à l'étude et à la construction des locomotives, la description des types les plus répandus, l'étude de la combustion, de la production et de l'utilisation de la vapeur, du rendement, des conditions de fabrication et de réception des matériaux, des proportions et du mode de construction des organes, par MAURICE DEMOULIN, ingénieur des arts et manufactures. Ouvrage précédé d'une introduction par EDOUARD SAUVAGE, professeur à l'École supérieure des mines. 4 volumes grand in-8°, avec 973 figures et planches dans le texte et 6 planches hors texte. Relié . . . . . 150 fr.

Locomotives.

Note sur la construction des locomotives en Angleterre, par MAURICE DEMOULIN, ingénieur des arts et manufactures. 1 brochure grand in-8, avec 2 grandes planches. . . . . 3 fr.

Locomotives.

La machine-locomotive. Manuel pratique donnant la description des organes et du fonctionnement de la locomotive, à l'usage des mécaniciens et des chauffeurs, par EDOUARD SAUVAGE, ingénieur en chef des mines, ingénieur en chef conseil des chemins de fer de l'Ouest 4e édition. 1 volume in-8° avec 326 figures dans le texte. Relié . . . . . 5 fr.

Locomotives.

Machine locomotive à grande vitesse de 750 chevaux, étudiée par ALA BLOTHY, ingénieur. 1 brochure grand in-8°, avec 5 planches. . . . . 5 fr.

Locomotives.

Les locomotives à l'Exposition universelle de 1878, par A. MALLET. — Locomotives françaises et étrangères. — Machines express. — Machines à voyageurs. — Machines à marchandises. — Machines pour services spéciaux. — Locomotives pour voie étroite. 1 volume in-8° avec 2 grandes planches et 1 tableau. . . 5 fr.

Locomotives.

Etude sur l'utilisation de la vapeur dans les locomotives et l'application à ces machines du fonctionnement compound, par A. MALLET. 1 volume in-8, avec tables et planches . . . . . 7 fr.

Locomotives suisses.

Les locomotives suisses, par Camille Barbey. 1 volume grand in-4°, illustré de 80 phototypies, de 81 planches hors texte et d'une carte des chemins de fer suisses. 40 fr.

Servo-moteur.

Le servo-moteur ou moteur asservi, par Farcot. Ses principes constitutifs, variantes diverses, application à la manœuvee des gouvernails. 1 volume in-8° avec 37 planches. . . . . 4 fr.

Moteurs à gaz.

Théorie des moteurs à gaz. Conférences faites à l'*Automobile Club de France*, par Georges Moreau, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume in-8°. 12 fr. 50

Moteurs à explosion.

Les moteurs à explosion ; étude à l'usage des constructeurs et conducteurs d'automobiles, comprenant : des éléments de thermodynamique et de résistance des matériaux, l'établissement des moteurs et de leurs cycles, les principes de construction des pièces de machine, l'analyse des perturbations dues soit à la nature des phénomènes, soit à l'emploi des organes, l'examen des propriétés des combustibles employés et du régime de la détonation, l'exposé des principes devant servir de bases à la comparaison des voitures automobiles et particulièrement aux courses, etc., etc., par Georges Moreau, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume grand in-8°, avec 104 figures dans le texte. Relié. . . . . 20 fr.

Voitures automobiles.

Manuel théorique et pratique de l'automobile sur route. 1° Agents de la locomotion automobile. 2° Éléments des voitures automobiles, chaudières, moteurs à vapeur, carburateurs, moteurs à pétrole, accumulateurs, moteurs électriques. Vapeur. Pétrole. Electricité. Transmissions. Le véhicule, essieux, roues, bandages, ressorts, châssis, caisse, freins, graissage. 3° Voitures, omnibus, camions, tracteurs, voitures légères, avant-train moteurs, tricycles, quadricycles, voiturettes, voitures de livraisons. Divers types de voitures. Compte rendu des principales courses et concours, par Gérard Lavergne, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume grand in-8° contenant 329 figures dans le texte. Relié. . . . . 17 fr. 50

Régulateurs.

Nouvelle théorie élémentaire des régulateurs à force centrifuge, examen de leurs principales propriétés. Isochronisme. — Sensibilité. — Régularité. — Energie. — Stabilité. — Régulateurs proportionnels, par E. Linglin, ingénieur-mécanicien. 1 volume in-8° avec 30 figures dans le texte . . . . . 2 fr. 50

Gazogènes.

Les gazogènes continus et discontinus, et la manière de s'en servir, par G. Velleman, ingénieur civil des mines. 1 volume in-8°, accompagné d'un plan d'usine pour la fabrication du coke. . . . . 4 fr.

Traité des machines-outils.

Traité des machines-outils. Tours, alésoirs, raboteuses, mortaiseuses, étaux-limeurs, raineuses, fraiseuses, machines à tailler les roues, meules, taraudeuses, machines à vis, machines spéciales, machines combinées, petit outillage, par Gustave Richard, ingénieur civil des mines. 2 volumes grand in-4° avec plus de 6 000 figures dans le texte. Relié. . . . . 150 fr.

Mesure du travail des machines-outils, etc.

De la mesure du travail mécanique et électrique des machines-outils, etc.; et construction des Appareils, par J. Buchetti, ingénieur E. C. Paris. 1 volume de texte avec figures et 15 planches. . . . . 15 fr.

Manuel du constructeur de moulins et du meunier.

Tome I. *Machines de meunerie.* Ventilateurs. Machines de nettoyage. Machines de moulurage. Bluteries. Machines de secours. Engins de transport, par F. Baumgartner, ingénieur, constructeur de moulins, traduit de l'allemand par P. Schoren, ingénieur des arts et manufactures (E. C. P. 84). 1 volume grand in-8°, avec 482 figures dans le texte. Relié. . . . . 20 fr.

Tome II. *Construction de moulins proprement dite.* Choix du procédé de mouture et des machines de meunerie ; installation de ces dernières dans le moulin. Bâtiment de moulin. Les moulins à vent. Les greniers à blé, etc., par F. Baumgartner,

ingénieur constructeur de moulins, traduit de l'allemand par P. Schoren, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8° avec 280 figures dans le texte et 3 planches hors texte. Relié . . . . . 18 fr.

Arquebuserie.

Traité d'arquebuserie. Principes de la construction des armes de chasse ; canonnerie des armes de chasse ; les armes à chiens intérieurs ; les armes de tir ; les cartouches ; les poudres ; les projectiles ; annexes, par Arthur Nouvelle. 1 volume grand in-8° et 1 atlas de 38 planches. . . . . 20 fr.

Transmissions.

Calcul et construction des transmissions, par le Dr Karl Keller, professeur de cours de construction de machines à l'Ecole supérieure technique de Karlsruhe. Traduit sur la 3e édition allemande, par H. Solde et Desmarest, ingénieurs civils. 1 volume grand in-8° avec 450 figures dans le texte. Relié. . . . . 15 fr.

Filetage.

Traité pratique de filetage à l'usage de tous les mécaniciens, par Cady. 8e édition revue, corrigée et augmentée d'un chapitre pour les tours anglais, de méthodes pour faire les cônes automatiquement, du filetage à l'aiguille, d'une méthode pour faire les outils à fileter, etc. 1 volume in-12, avec 4 planches . . . . . 2 fr. 25

Filetage.

Le filetage rendu facile à tous. — Barème de filetage donnant 1 550 pas de vis différents et s'appliquant à tous les tours à fileter dont la mère vis est à un pas exprimé en millimètres sans fraction ; soit : 5, 8, 10, etc.; par E. Berard, mécanicien. 1 brochure in-8° . . . . . 1 fr. 50

Hydraulique.

Mécanique appliquée. Hydraulique. Hydrostatique. Généralités sur le mouvement des liquides. Circonstances accidentelles du mouvement. Tuyaux de conduite. Canaux découverts. Cours d'eau naturels. Mouvements non permanents. Mouvements ondulatoires. Fluides élastiques. Résistance des fluides. Documents et renseignements concernant les irrigations. Abaque pour le calcul des distributions d'eau. Tables numériques, par A. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *2e édition considérablement augmentée.* 1 volume grand in-8° avec 137 figures dans texte. . . . . 25 fr.

Hydraulique.

Recherches théoriques et expérimentales sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes liquides oscillantes. — Oscillations dans les tuyaux, ondes liquides, phénomènes de succion, fontaines intermittentes, écluses de navigation, moteurs hydrauliques, machines élévatoires, machines d'épuisement, machines soufflantes et à comprimer l'air, pompes, etc., par le marquis Anatole de Caligny, correspondant de l'Institut de France. 2 volumes in-8°, avec 8 planches. . 16 fr.

Moteurs hydrauliques actuels.

Les moteurs hydrauliques actuels. (Roues et turbines.) Traité théorique et pratique, par J. Bucherti, ingénieur E. C. Paris. 2e édition. *1re Partie :* Calculs et conditions d'établissement, 1 volume in-4°, avec 140 figures dans le texte. *2e Partie :* Construction. 1 volume in-4°, avec 95 figures dans le texte et 1 atlas in-folio de 40 planches. . . . . 60 fr.

Les turbines actuelles.

Les turbines actuelles et à l'Exposition universelle de 1900, par J. Bucherti, ingénieur E. C. Paris. 1 volume de texte avec 68 figures et 1 atlas de 30 planches . . . . . 40 fr.

Élévation des eaux.

Traité de l'élévation des eaux. Calculs et renseignements pratiques. Pompes à main. — Emploi des moteurs à vent et à eau. — Pompes centrifuges. — Emploi des moteurs à vapeur, à gaz, électriques. — Pompes d'alimentation. — Appareils hydrauliques. — Ascenseurs. — Emploi de l'air et des gaz comprimés. — Pulsomètres. — Injecteurs — Ejecteurs. — Béliers hydrauliques, par P. Berthot, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8° avec 350 figures dans le texte. Relié. . . . . 18 fr.

Pompes centrifuges et rotatives.

Les pompes centrifuges et rotatives. Théorie pratique, construction, installations par J. Bucherotti, ingénieur E. C. Paris. 1 volume in-8° avec 35 figures dans le texte et 10 grandes planches . . . . . 15 fr.

Architecture et construction du yacht.

Architecture et construction du yacht, par Louis Moissenet, membre fondateur de l'Union des yachts français. 1 volume in-18, avec de nombreuses figures dans le texte et 16 planches, relié . . . . . 10 fr.

Voilure, navigation et manœuvre du yacht.

Voilure navigation et manœuvre du yacht, par Louis Moissenet, ingénieur au corps du Génie maritime. 1 volume in-18, avec 28 planches dans le texte comprenant 149 figures, relié . . . . . 15 fr.

Théorie du yacht.

Théorie du yacht, par Louis Moissenet, ingénieur au corps du Génie maritime. 1 volume in-18, avec 158 figures dans le texte . . . . . 15 fr.

Navigation sous-marine.

La navigation sous-marine. Généralités et historique. Théorie du sous-marin. Bateaux sous-marins modernes. La Guerre maritime, par Maurice Gaget. 1 volume in-12, contenant 131 figures dans le texte. Relié . . . . . 10 fr.

Navigation sous-marine.

Navigation sous-marine. Historique des bateaux sous-marins et mécanismes nécessaires à leur marche. — Variétés électriques, par A. Dessaint. 1 brochure grand in-8°, avec 7 planches . . . . . 2 fr. 50

Ballons dirigeables.

Les dirigeables, étude complète de la direction des ballons, des tentatives réalisées et des projets nouveaux. Origines de l'aéronautique. Théorie du ballon libre. Construction d'un aérostat. Construction d'un dirigeable. Gonflement et lancement. Instruments d'observation. Condition du problème de la dirigeabilité. Résistance à l'avancement. Propulsion. Stabilité. Moteurs légers pouvant être appliqués aux ballons dirigeables. Dirigeables divers, par M.-H. André, ingénieur civil. 1 volume in-8° avec 98 figures dans le texte. Relié . . . . . 12 fr. 50

Traité d'aérostation.

Traité d'aérostation théorique et pratique. Construction des ballons et des engins accessoires, appareils à gaz hydrogène, manœuvres à terre et en l'air, ascensions captives, appareils d'aérostation militaire, navigation aérienne avec aéroplanes. Guide complet à l'usage des sociétés d'aérostation françaises et étrangères, des aéronautes professionnels, des aérostiers militaires, des élèves, des amateurs et de toutes les personnes s'intéressant à l'aérostation et à la navigation aérienne, par Henry de Graffigny. 1 volume in-18 avec 77 figures dans le texte. . . . . . 4 fr.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

APR 4 1939